

Mikko Heimonen

# Sähköautojen latauspisteiden kartoitus ja suunnittelu kiinteistöissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

6.4.2018

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Mikko Heimonen Sähköautojen latauspisteiden kartoitus ja suunnittelu kiinteistöissä  62 sivua 6.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Vesa Sippola Insinööri Teemu Lähde
<p>Opinnäytetyössä käsitellään sähköautojen latauspisteiden ja latauslaitteiden suunnitteluun, sekä kartoitukseen liittyviä asioita sähkösuunnittelun näkökulmasta kiinteistöissä. Sähköautojen latauspisteiden suunnittelu ja kartoitus tulee olemaan tärkeä osa sähköistä liikennettä tulevaisuudessa, jossa lataustavat ja niiden tekniset ominaisuudet tulevat varmasti vielä kehittymään nykyisestä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Suomen Talokeskus Oy:lle latauspisteiden toteutustapoja, sekä käsitellä kiinteistöjen sähköjärjestelmän tehokapasiteetin riittävyyttä latauspisteitä kartoitettaessa. Sähköautojen latauksen tehontarve on moninkertainen verrattuna nykyisiin autojen lohkolämmittimiin, jolloin sähköjärjestelmän mitoittaminen latauslaitteet huomioiden on tärkeä osa kiinteistön sähkösuunnittelua.</p> <p>Työssä tuodaan esiin latauslaitteita koskevia määräyksiä sekä standardeja, joita noudattamalla saadaan aikaiseksi turvallinen ja tehokas latausympäristö sähköautoille. Oleellinen osa työtä oli käydä läpi latauslaitteiden teknisiä ominaisuuksia, sekä suurempien latauslaittekokonaisuuksien kuormanhallintaan liittyviä toteutustapoja. Kuormanhallinnalla on suuri merkitys varsinkin suurissa latausjärjestelmissä tulevaisuudessa, jolloin lataustehoa pystytään säätämään tasaisesti kiinteistön tehokapasiteetin mukaan. Työssä esitellään käytännön esimerkkejä latauspisteiden toteutustavoista ja niiden sähköteknisistä mitoituksista uusiin sekä vanhoihin kiinteistöihin, sekä käydään läpi haasteita liittyen latauslaitteiden hankintaan taloyhtiöissä.</p> <p>Esimerkkikohteena työssä esitellään 250-paikkaisen pysäköintihallin suunnittelu, jossa sähköautojen latauspisteet ja niiden tehontarve on otettu huomioon tulevaisuutta ajatellen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaiseksi kattava paketti sähköautojen latauspisteisiin ja latauslaitteisiin liittyvää suunnitteluaineistoa sekä ohjeistusta, joka toimii sähkösuunnittelijan työkaluna suunniteltaessa latauspisteiden ja latauslaitteiden toteutuksia.</p>	
Avainsanat	Sähköautojen latauspisteet, Sähköauto

Author Title	Mikko Heimonen Designing and Mapping of Charging Points for Electric Cars in Real Estates
Number of Pages Date	62 pages 6 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electric power engineering
Instructors	Vesa Sippola, Senior Lecturer Teemu Lähde, Bachelor of Engineering
<p>This thesis deals with the design of electric car charging points and chargers, as well as mapping issues from electrical design point of view in real estates. Designing and mapping of electric car charging points will be an important part of future e-traffic, where charging and technical features will surely continue to develop from the present.</p> <p>The goal of this study was to find out about the implementation methods of charging points for Suomen Talokeskus Oy, and to address the adequacy of the power capacity of the real estate electrical system when mapping the charging points. The power demand for electric car loading is many times greater than that of existing automotive block heaters, in which case the dimensioning of the electrical system considering charging devices is an important part of the electrical design of the property.</p> <p>The work introduces provisions and standards for charging devices, with which we can provide a safe and efficient charging environment for electric cars. An essential part of the work was to go through the technical features of the charging devices and the implementation methods for the load management of larger charging systems. Load management has great importance, especially in large charging systems in the future, which allows the charging power to be evenly adjusted according to the capacity of the property. The work introduces practical examples of charging point implementations and electrical dimensioning in both new and old properties, as well as addressing challenges when acquiring of chargers in housing companies.</p> <p>An example in this work is the design of a 250-seat parking garage, where electric car charging points and their power needs have been taken into account for the future.</p> <p>The result of the study is a comprehensive package of planning material and instructions related to electric vehicle charging points and chargers, which works as a tool for the electric designer when he is designing charging points and chargers for electric cars.</p>	
Keywords	Electric car charging points, electric car

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähköautojen lisääntyminen	2
2.1	Vaikutukset sähköverkkoon ja sähköntuotantoon	3
2.2	Sähköauton tulevaisuus	6
3	Ladattavien sähköautojen luokittelu	10
4	Sähköauton lataaminen	13
4.1	Lataustavat	14
4.2	Latauspistokkeet	19
4.3	Älykäs lataaminen	23
5	Latauspisteitä koskevat standardit, lait ja ohjeet.	23
5.1	SFS-6000-7-722	24
5.2	Latauspisteitä koskeva lainsäädäntö	25
5.3	ST-kortti 51.90	26
6	Laitevalmistajat	32
6.1	Schneider Electric	32
6.2	Ensto	41
7	Latauspisteiden kartoitus ja suunnittelu	46
7.1	Latauspisteet vanhaan kiinteistöön	48
7.2	Uudiskohteen suunnittelu ja toteutustavat	52
8	Esimerkkikohde	55
8.1	Liittymän ja keskusten mitoitus	55
8.2	Latauspisteiden kaapelointi ja asennus	59
8.3	Latauslaitteiden kuormanhallinta	60
9	Yhteenveto	61
	Lähteet	63

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on sähköautojen latauspisteiden kartoitus ja suunnittelu kiinteistöissä. Sähköä osaksi tai kokonaan käyttövoimanaan hyödyntävien ajoneuvojen määrä on lisääntynyt Suomessa viimeisen viiden vuoden aikana. Lisääntynyt sähköajoneuvokanta on myös lisännyt tarvetta kartoittaa- ja suunnitella sähköajoneuvojen latauspisteitä kiinteistöissä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kiinteistöihin suunniteltavien latauspisteiden toteutustapoja, sekä koota yhteen oleellimmat suunnittelua sekä latauspisteiden kartoitusta koskevat tiedot kiinteistöjen sähköjärjestelmistä. Yleisesti kiinteistöjen autopaikkojen sähköjärjestelmän mitoittamiseen on laskettu mukaan vain autojen lämmityspaikat, joiden mitoituksessa käytettävät tehot ovat merkittävästi pienemmät kuin sähköautojen lataustehot. Näin ollen useamman latauspisteen hankinta ja asentaminen varsinkin vanhempiin saneerattaviin kiinteistöihin, nostavat sähköjärjestelmän tehokapasiteetin tarvetta.

Opinnäytetyössä tutustutaan aluksi sähköautoilun lisääntymiseen vaikuttaviin tekijöihin, joista suurimpana ovat vuosi vuodelta tiukentuvat globaalit päästörajoitukset. Lisäksi työssä tutustutaan sähköautojen lataustapoihin ja niiden toteutukseen liittyviin laitteisiin ja toimintaperiaatteisiin, sekä vertaillaan eri valmistajien tarjoamia ratkaisuja yksittäisten latauspisteiden sekä suurempien järjestelmien toteuttamiseksi. Työssä esitellään suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät määräykset, standardit ja ohjeet, joita noudattamalla pystytään rakentamaan turvallinen ja kestävä latausjärjestelmä.

Opinnäytetyö tehdään Suomen Talokeskus Oy:lle, joka tarjoaa asiantuntijapalveluita ja ohjelmistoja kiinteistön koko elinkaarelle sekä tuottaa korjaus- ja uudisrakentamisen suunnittelupalvelut, kiinteistönpidon asiantuntijapalvelut, energianhallinnan palvelut sekä Tampuuri-ohjelmiston kaiken alustaksi. Työn tavoite yrityksen näkökulmasta oli selvittää sähköautojen latauspisteiden suunnittelua koskevia haasteita ja mahdollisuuksia.

## 2 Sähköautojen lisääntyminen

Sähköautojen lisääntyminen liikenteessä on maailmalla ja myöskin meillä Suomessa nouseva trendi. Tähän vaikuttavat monet asiat, joista keskeisimpiä ovat halu vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä sekä vähentää autoilun aiheuttamia päästöjä. Ilmaston lämpenemisen myötä myös poliittinen päätöksenteko on herännyt siihen, että vähentääksemme autoilun aiheuttamia päästöjä, on tehtävä päätöksiä ja lakeja jotka helpottavat vähäpäästöisten sekä täysin päästöttömien autojen, kuten sähköautojen hankinta- ja käyttökustannuksia.

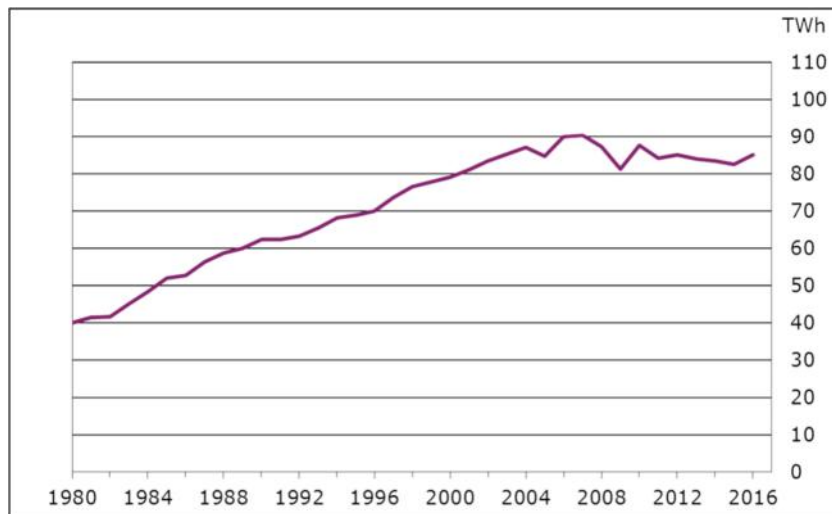
Suomessa liikenteen tuottamat kasvihuonepäästöt ovat noin 20 % vuotuisista kokonaispäästöistä. Vähentääksemme liikenteen tuottamia vuotuisia päästöjä, tarvitsemme nykytekniikan rinnalle vaihtoehtoisilla polttoaineilla liikkuvia autoja ja sujuvampaa julkista liikennettä. Bensiinillä tai dieselillä kulkevien autojen korvaaminen täysin sähköllä kulkevilla autoilla olisi yksi tapa vähentää liikenteen aiheuttamia päästöjä, sekä vähentää samalla liikenteestä johtuvaa melua kaupunkien keskustoissa. Sähköautojen lisääntyminen liikenteessä on varsin positiivinen asia, jos mietitään asiaa pelkästään päästöjen ja liikenteestä johtuvan melun kannalta. [1.]

Sähköautojen lisääntymisellä on kuitenkin myös varjopuolensa, joista yksi on niiden valmistusprosessissa syntyvät hiilidioksidipäästöt, jotka ovat korkeammat verrattuna bensiiniä tai dieseliä käyttävien autojen valmistukseen. Esimerkkitapauksena voidaan vertailla dieselkäyttöisen Mercedes-Benz A -mallin ja täyssähkökäyttöisen Nissan Leaf-mallin valmistuksessa syntyviä hiilidioksidipäästöjä. Norjassa Trondheimin yliopiston tutkimukset osoittavat, että Nissan Leafin valmistuksessa syntynyt hiilidioksidin määrä oli 13,1 tonnia, kun vastaava luku Mercedes Benzin A-mallin kohdalla oli 6,6 tonnia. Nykyisellä dieselmoottoritekniikalla tämä tarkoittaisi sitä, että sähköauto alkaa olla vasta 60 000 ajokilometrin jälkeen puhtaampi valinta kuin dieseliä käyttävä auto. [2.]

## 2.1 Vaikutukset sähköverkkoon ja sähköntuotantoon

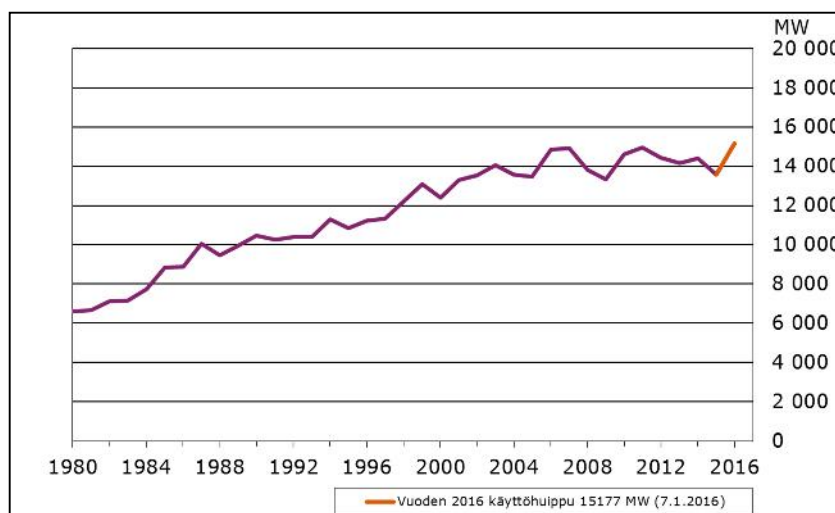
Sähköautojen kasvava määrä suomessa tuo mukanaan uuden haasteen myös sähköverkolle. Liikenne- ja viestintäministeriön 28.3.2017 julkaisemaan raporttiin (liikenteen vaihtoehtojen käyttövoimien jakeluverkko, suomen kansallinen ohjelma), on kirjattu tavoitteita sähköautojen lukumäärälle vuosille 2020-2030. Raportin esittämä tavoite sähköautojen määrälle vuonna 2020 on 20 000, ja vuonna 2030 tavoite on 250 000 sähköautoa. Joulukuussa vuonna 2017 suomessa oli Trafin mukaan rekisteröitynä 1449 täys-sähköautoa, joista vajaa puolet (885 kpl) oli käytössä Uudellamaalla. [3; 4.]

Sähköautokannan kasvava määrä tulevaisuudessa luo tarpeen rakentaa myös latauspisteitä julkisiin sekä yksityisiin kiinteistöihin. Latauspisteiden lisääntyminen tarkoittaa väistämättä sähkön kokonaiskulutuksen kasvua, jolloin sähköverkon kuormitusaste tulee kasvamaan. Kuvassa 1 on esitetty sähkön kokonaiskulutuksen kehitys 1980-luvulta aina vuoteen 2016 asti. Kuvasta käy ilmi, että sähkönkulutuksen huippuvuosi Suomessa sijoittuu vuodelle 2007, jolloin sähkön kokonaiskulutus oli 90,4 terawattituntia. [5.]



Kuva 1. Sähkön kokonaiskulutus vuosina 1980–2016 (TWh) [6].

Vaikka sähkön kokonaiskulutus Suomessa ei olekaan viime vuosina yltänyt vuoden 2007 huippulukemiin, ovat sähkön suurimmat tuntitehot olleet kasvussa viimeisen kahden vuoden aikana. 7.1.2016 klo 17–18 tehtiin kaikkien aikojen ennätys suurimman tuntitehon osalta, jolloin tehonkulutus oli 15 177 megawattia. Kuvan 2 graafinen esitys kertoo suurimmat tuntitehot Suomessa vuodesta 1980 vuoteen 2016 asti.



Kuva 2. Sähkön käyttöhuiput, suurin tuntiteho megawatteina vuosina 1980–2016 [6].

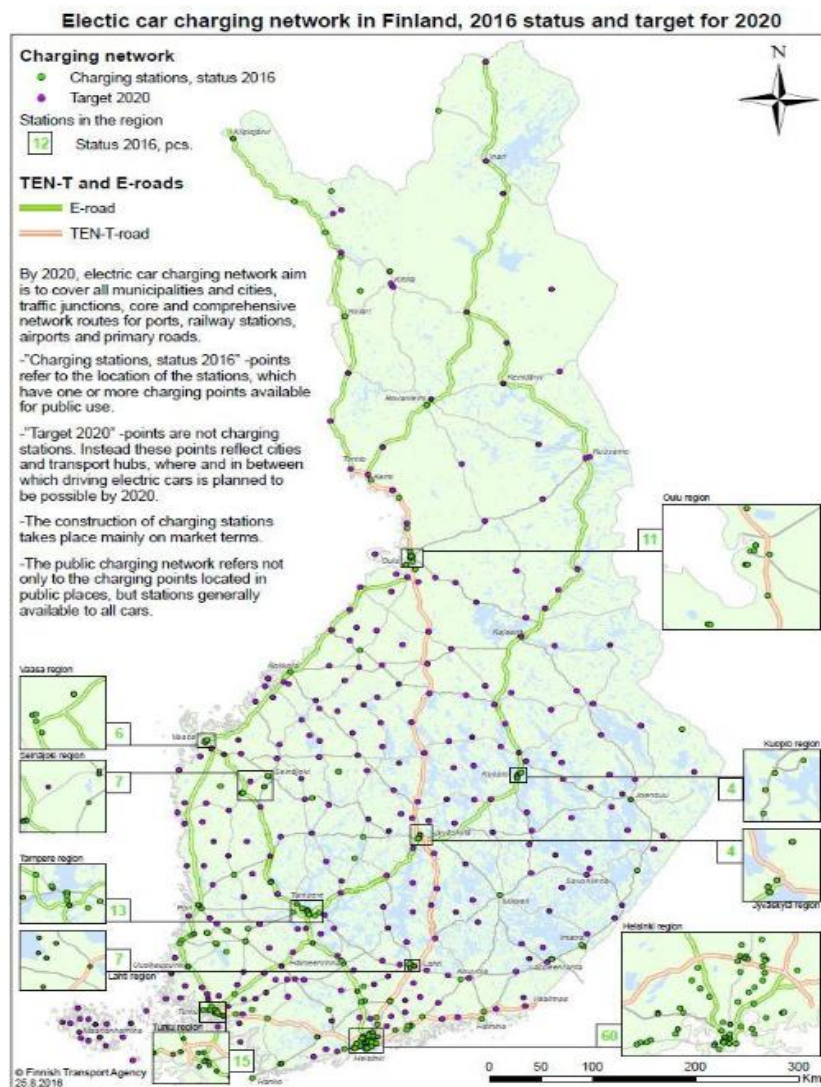
Mikäli Liikenne- ja viestintäviraston raportissa esitettyihin tavoitteisiin sähköautojen osalta päästäisiin, tarkoittaisi se myös suurimpien tuntiteholukemien kasvamista. Vuoden 2030 tavoitteeksi asetetun 250 000 sähköauton yhtäaikainen lataaminen tulisi selvästi lisäämään sähköverkon kuormitusta suurimpien huipputehojen aikaan. Esimerkitapauksena voidaan tarkastella ladattavia sähköautoja joiden akkujen koko olisi 50 kilowattituntia. Latausajankohta määritetään talvikaudelle jolloin huipputeholukemat ovat suurimmillaan. Autojen yhtäaikainen latausajankohta voidaan ajatella tapahtuvan aikavälillä klo 18.00–06.00, jolloin autot ovat pysäköityneenä suurimmassa osassa kotitalouksia.

250 000 auton 50 kilowattitunnin akun yhtäaikainen lataaminen 3,6 kW:n latausteholla kuormittaisi sähköverkkoa noin 900 MW:n teholla. Yhtäaikainen lataustehon kesto aika riippuisi pitkälti akkujen varaustasosta latauspisteelle tultaessa. Mikäli auton akku olisi latauspisteelle tultaessa täysin tyhjä, kestäisi akun täyteen lataaminen noin 14 tuntia. Sähköjärjestelmän kantaverkko kestäisi tämän lisääntyneen rasituksen, mutta paikallisissa verkoissa saattaisi tulla ongelmia ja heilahtelua.



Ratkaisuksi paikallisten verkkojen ongelmiin on esitetty sähköautojen älykästä lataamista, jolloin älykäs latausjärjestelmä säättää auton latausvirtaa siihen asetettujen parametrien mukaan. Latausvirran säätäminen tulee tarpeeseen, kun halutaan välttää esimerkiksi kiinteistöjen sähköjärjestelmien ylikuormittamista, jolloin vältetään sulakkeiden ja varolaitteiden laukeamisilta.

Suomeen on tavoitteena asentaa vuoteen 2020 mennessä 2000 julkista latauspistettä, joista pikalatauspisteitä olisi 200 kappaletta. Vuoteen 2030 mennessä julkisia latauspisteitä on tarkoitus olla asennettuna jo 25 000 kappaletta. [3.] Kuvassa 3 on esitetty Suomen nykyinen sekä vuoteen 2020 mennessä tavoitteena oleva sähköautojen latausverkosto.



Kuva 3. Sähköautojen nykyinen ja vuonna 2020 tavoitteena oleva latausverkosto [3].

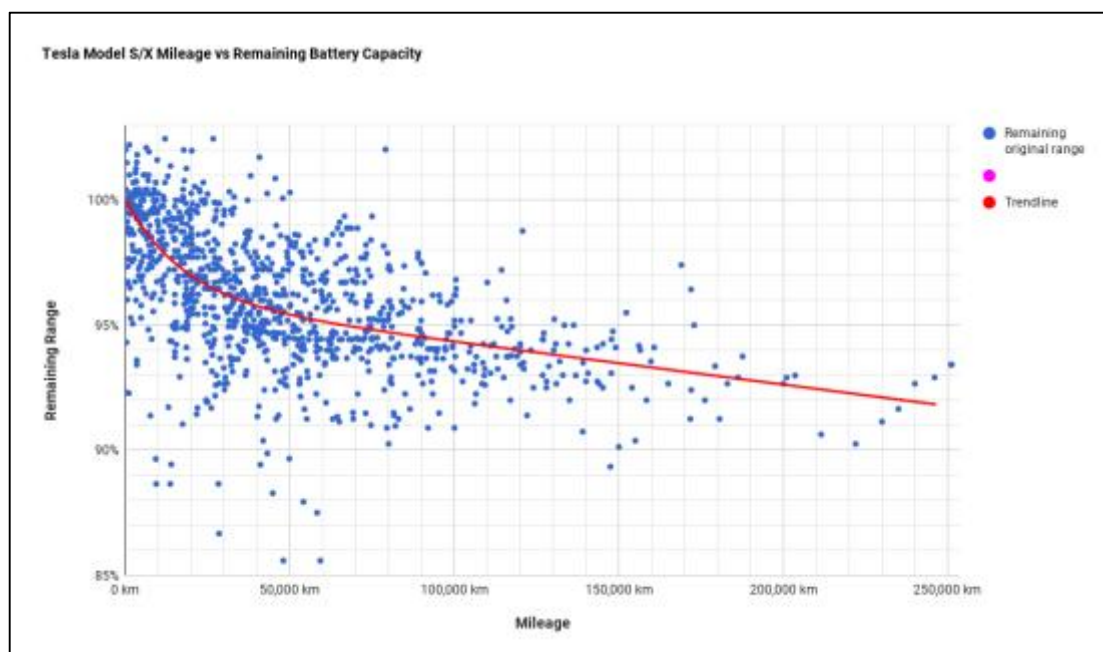
## 2.2 Sähköauton tulevaisuus

Puhuttaessa autoilun tulevaisuudesta liitetään siihen vahvasti mukaan sähköautojen käyttö. Sähköautojen käyttöä tulevaisuudessa puoltavat niiden päästöttömyys sekä hiljaisuus liikennekäytössä. Sähköautoiluun liittyy myös paljon kysymysmerkkejä, joista suurimpana on akkuteknologia ja sen kehitystyö. Sähköautojen akkujen elinkaarta on vaikea ennustaa, sillä se riippuu monesta tekijästä, kuten lataussykleistä ja ilmastollisista olosuhteista. Silti on selvää, että ajettujen kilometrien myötä akkujen varauskyky heikkenee, joka vaikuttaa toimintasäteen pienenemiseen.

Autonvalmistajista Tesla myöntää tällä hetkellä suosituimman mallinsa model S, teholtaan 85 kWh, akulle ja voimansiirtoyksikölle vuoden takuun ilman kilometrirajaa. [7.] Tulevaisuudessa haasteena voi olla kuitenkin sellaisen käytetyn sähköauton myynti, jonka takuu on loppunut ja akkuteknologia vanhentunutta. Tällöin käytetyn sähköauton ostaja saattaa joutua tilanteeseen, jossa akun toiminta vikaantuu, jolloin takuu ei enää korvaa, ja edessä on uuden akun hankinta. Vaikka tulevaisuudessa käytettyyn sähköautoon uuden akun hankinta tulisikin eteen, ovat sähköauton huoltokustannukset kuitenkin polttomootoriautoa huomattavasti pienemmät. Sähköauton huoltokustannuksista jäävät pois kaikki polttomootoritekniikan komponentit, jolloin myös mahdollisesti vikaantuvia osia on autossa vähemmän.

Hollannissa ja Belgiassa autonvalmistaja Teslan autoilla ajavat keräävät omalla foorumillaan käyttäjätietoa verkossa olevaan excel-dokumenttiin siitä, miten paljon ajatut kilometrit vaikuttavat toimintasäteeseen. Kerätyn datan perusteella Teslan akkujen keskimääräinen varauskapasiteetti on 240 000 kilometrin jälkeen vielä 92 % alkuperäisestä. Tämän datan perusteella käyttäen suoraa laskentakaavaa, olisivat Teslan akkujen Varauskapasiteetti 500 000 ajokilometrin jälkeen vielä 80 % alkuperäisestä. On kuitenkin selvää, että akkujen varauskapasiteetti pienenee myös ajan myötä ilman ajokilometrejä, jolloin tietyssä vaiheessa auton akku tulee vaihtaa.

Kuvassa 4 on esitetty edellä mainitun dokumentin pohjalta Teslan model S/X, mallin akun varauskapasiteetin pienentyminen ajettuihin kilometreihin nähden. Kuvan graafissa esityksessä punaisella merkitty laskeva käyrä on keskiarvo akun varauskapasiteetin pienenemisestä ajettujen kilometrien suhteen. Kuvaaja on päivitetty elokuussa 2017 [8.]



Kuva 4. Tesla model S/X:n akun varauskapasiteetin pieneneminen ajettujen kilometrien suhteen [8].

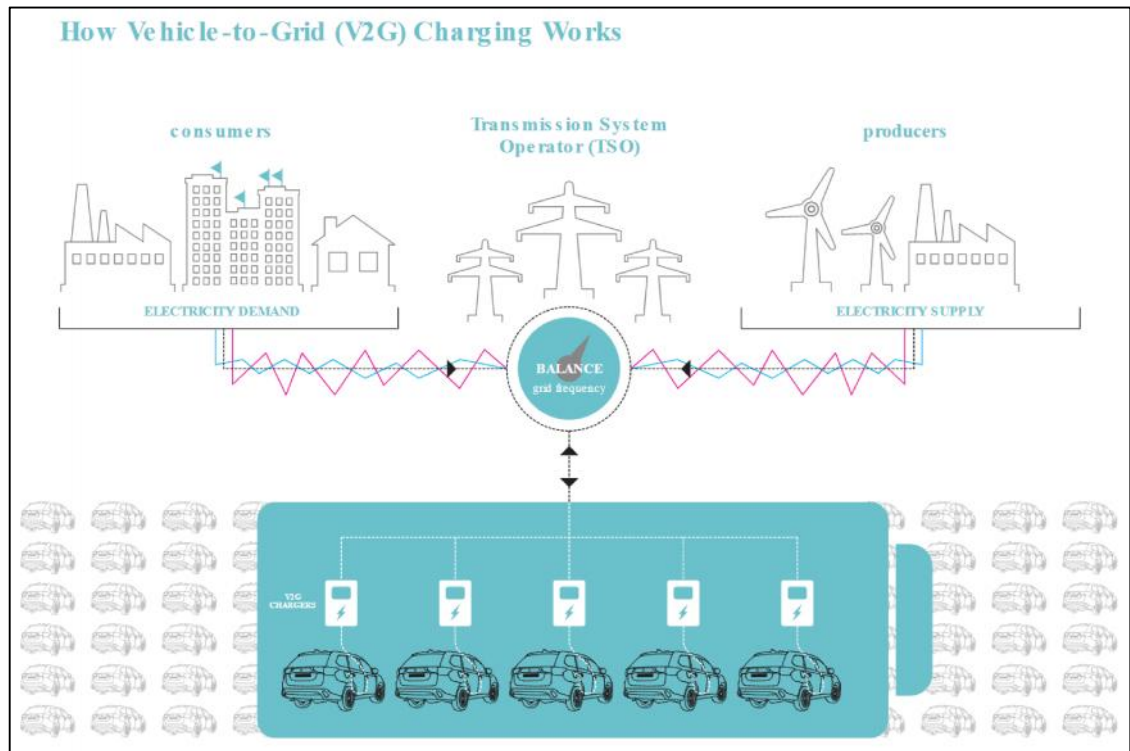
Muita seikkoja, jotka vaikuttavat sähköautojen hankintaan tällä hetkellä, ovat niiden korkeampi hankintahinta vastaavaan polttomoottorilla käyvään autoon verrattaessa sekä latausaikojen pituus nykyisellä tekniikalla. Toimintasäde, jonka autonvalmistajat ilmoittavat, on määritelty lämpimissä olosuhteissa. Suomessa sähköautoilulle haasteen tuo kylmä talvi, joka pudottaa sähköauton toimintasädettä huomattavasti. Kylmällä ilmalla auton sisätilojen lämmitys tapahtuu sähkövastuksen tai ilmalämpöpumpun avulla, jotka ottavat tarvitsemansa tehon auton akusta. Toinen asia, joka lyhentää toimintasädettä on akkujen lämmittäminen.

Sähköauton ehdottomiin hyötyihin tulevaisuutta ajatellen voidaan laskea sen energiatehokkuus, moottorin korkea hyötysuhde sekä sähkömoottorin tarjoama täysi vääntömomentti heti liikkeellelähdössä. Sähköautoilun tulevaisuus riippuukin pitkälti siitä, miten edellä mainitut seikat saadaan ratkaistua. Tulevaisuuden näkymiin on liitetty myös sähköauton toimiminen pyörillä kulkevana sähkövarastona. Tällöin sähköauto voisi toimia sähköverkkoon tehoa syöttävänä toimijana esimerkiksi sähköverkon mahdollisissa vika-tilanteissa tai silloin, kun sähköverkossa tarvitaan säätötehoa suurimpien huipputehojen aikaan. [9.]

Tätä kahden suunnan lataustekniikkaa kutsutaan nimellä V2G (Vehicle to grid). Pohjois-Euroopan ensimmäinen V2G-latauspiste on otettu käyttöön Helsingin Suvilahdessa syksyllä 2017. Latauspiste on Helen Oy:n, latausoperaattori Virta Oy:n ja autonvalmistaja Nissanin yhteistyönä toteutettu hanke, jonka tarkoitus on tutkia kyseisen lataustekniikan hyötyjä sähköverkon osalta. V2G-tekniikka on kuitenkin vielä kokeiluvaiheessa, ja sen laajempi käyttöönotto ei Suomessa vielä ole ajankohtainen. Kun sähköauton lataaja osallistuu sähköverkon tasapainotukseen kahden suunnan latauksen avulla, tarkoittaa se myös tällöin sähköä tuottamista verkkoon. Näin ollen sähköauton lataaja on samalla asiakas sekä sähköä pientuottaja, jolloin kyseinen henkilö on oikeutettu jonkinlaiseen korvaukseen verkkoon tuottamastaan sähköstä. [9.]

Tulevaisuudessa kahden suunnan latausasemat yleistyvät varmasti myös yksityiskäytössä. Yksityiskäytössä esimerkiksi omakotitalossa, sähköauto voisi tulevaisuudessa toimia sähkölaskun tasapainottajana suurimpien tuntitehojen aikaan, jolloin sähköyhtiöiden perimää tehomaksua, joka määräytyy suurimman vuotuisen tuntitehon myötä, saataisiin rajoitettua. Sähköauto voisi toimia omakotitalossa myös varavoimana sähkökatkojen aikaan, jolloin välttämättömät järjestelmät saataisiin pidettyä päällä. Tämänhetkisten V2G-latausasemien hinnat ovat kuitenkin niin korkeita, ettei niitä yksityiskäyttöön ole järkevä hankkia. [9.]

Kuvassa 5 on esitetty sähköauton V2G-lataustekniikkaa, jonka avulla sähköautoilija voi osallistua verkon tasapainotukseen syöttämällä sähköä auton akuista sähköverkkoon. [10.]



Kuva 5. V2G lataustekniikan periaatekaavio, jossa sähköauto osallistuu sähköverkon tasapainotukseen [10].

Suomessa tulevaisuus näyttää sähköauton kannalta kirkkaalta, mikäli kaikki siihen liittyvä infrastruktuurin saadaan rakennettua ennen sähköautojen laajempaa yleistymistä. Ratkaisevia asioita sähköautojen lisääntymiselle tulevaisuudessa ovat latausverkoston ja varsinkin pikalatausasemien rakentaminen ja akkutekniikan kehittyminen. Tällöin sähköauton hankkiminen tulee houkuttelevammaksi, jolloin myös niiden hinnat tulevat laskeumaan nykyisestä.

### 3 Ladattavien sähköautojen luokittelu

Markkinoilla olevat sähköautot voidaan karkeasti jakaa kahteen luokkaan, joista toinen luokka on ladattavat hybridi ajoneuvot ja toinen on ladattavat täyssähköautot. Ero näiden kahden ajoneuvotyyppin välillä on siinä, että ladattavassa hybridi ajoneuvossa on sähkömoottorin lisäksi myös polttomoottori, kun taas ladattavassa täyssähköautossa voimanlähteenä toimii pelkästään sähkömoottori.

#### Ladattavat hybridit (Plug in hybrid)

Ladattavat hybridi ajoneuvot jaetaan kolmeen luokkaan: sarjahybridi, rinnakkaishybridi sekä näiden kahden yhdistelmä. Sarjahybridissä voimansiirto on toteutettu pelkästään sähkömoottorilla, jolloin sähkömoottorille tehoa syöttäviä akkuja ladataan polttomoottorin voimin toimivalla generaattorilla. Rinnakkaishybridi eroaa sarjahybridistä siinä, että sen voimansiirto on toteutettu sekä polttomoottorilla että sähkömoottorilla. Yleisesti rinnakkaishybrideissä polttomoottorin tarjoama teho on välitetty auton etuakselille ja sähkömoottori taka-akselille, jolloin auto on tarvittaessa nelivetoinen. Hybridi ajoneuvojen toimintasäde pelkästään täyteen ladattujen akkujen turvin sähkömoottoria käyttäen on automallista riippuen 25–100 km. [11.] Ladattavien hybridi ajoneuvojen akut ovat varauskapasiteetiltään huomattavasti pienempiä kuin täyssähköautojen, jolloin niiden lataamiseen kuluu vähemmän aikaa kuin täyssähköautolla. Akkujen tyyppillinen koko ladattavissa hybrideissä on noin 10 kWh:n luokkaa

Ladattavien hybridi ajoneuvojen määrät liikenteessä ovat selvästi kasvaneet viimeisen kahden vuoden. Trafin tilastojen mukaan ladattavien hybridi ajoneuvojen määrä on melkein kymmenkertaistunut vuoden 2015 maaliskuusta vuoden 2017 joulukuuhun, jonka aikana niiden määrä liikenteessä on kasvanut 652 ajoneuvosta 5729 ajoneuvoon. Taulukossa 1 on esitetty graafisessa muodossa ladattavien hybridi ajoneuvojen määrät Suomessa aikavälillä 31.3.2015–31.12.2017. [4.]

Taulukko 1. Ladattavien hybridiajoneuvojen määrät Suomessa 31.3.2015-31.12.2017 [4].



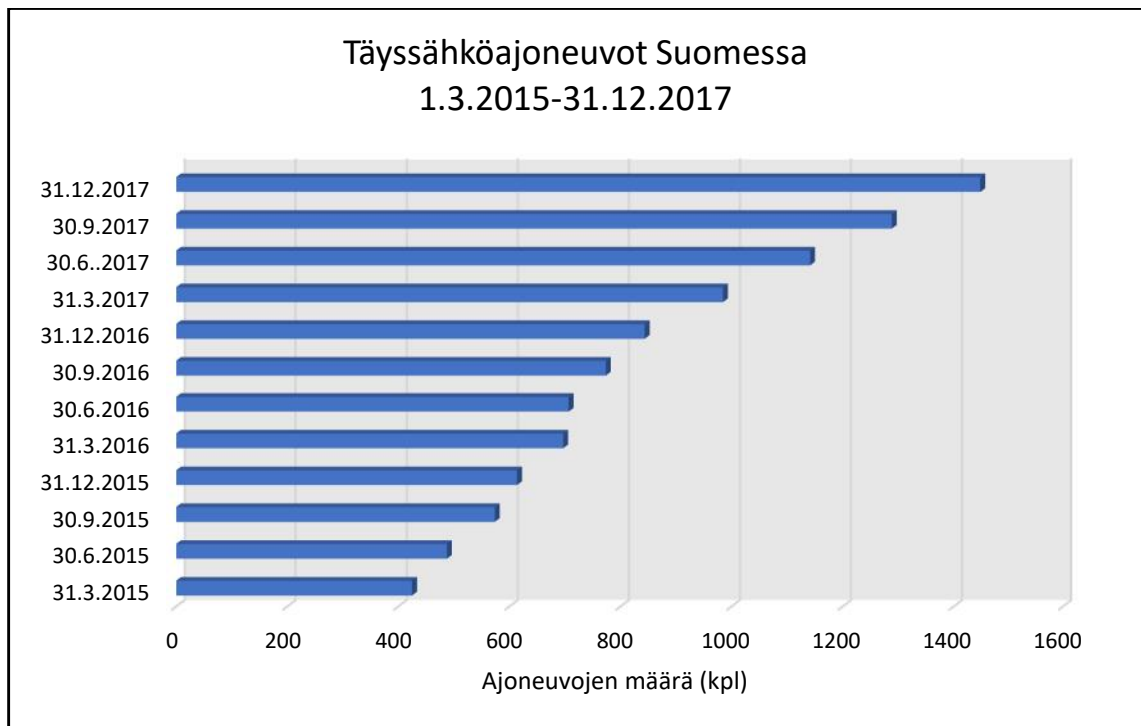
### Täyssähköautot (EV, BEV)

Täyssähköauto on nimensä mukaan täysin sähköllä kulkeva ajoneuvo, jonka voimansiirto tapahtuu sähkömoottorin välityksellä ajoneuvon akselistolle. Täyssähköajoneuvon energianlähteenä ovat akut, jotka syöttävät tehoa autoa liikuttavalle sähkömoottorille. Täyssähköauton moottorina toimiva sähkömoottori voidaan sijoittaa niin etu, kuin taka-akselille tai vaihtoehtoisesti molemmille yhtä aikaa, jolloin täyssähköautosta saadaan tehtyä nelivetoinen. [11.]

Täyssähköautojen akkujen varauskapasiteetit vaihtelevat automalleittain 20–100 kWh:n välillä. Täyssähköauton energiankulutus lämpimällä säällä on noin 10–15 kWh/100 km riippuen ajotavasta, ajonopeudesta sekä siitä, onko ilmastointi tai lämmitys kytkettynä. Täyssähköauton akkujen latausajat riippuvat pitkälti auton kiinteästä latauslaitteen tehosta ja lataustavasta. Lyhyempiin latausaikoihin on mahdollista päästä käyttämällä pikalatausmenetelmää, jolloin auton akkuja ladataan pikalatausasemasta tasavirralla (DC) vaihtovirran (AC) sijaan.

Trafin tilastojen mukaan täyssähköajoneuvojen määrä on yli kolminkertaistunut vuoden 2015 maaliskuusta vuoden 2017 joulukuuhun, jonka aikana niiden määrä liikenteessä on kasvanut 425 ajoneuvosta 1449 ajoneuvoon. Taulukossa 2 on esitetty graafisessa muodossa ladattavien täyssähköajoneuvojen määrät Suomessa aikavälillä 1.3.2015–31.12.2017. [4.]

Taulukko 2. Täyssähköautojen määrät suomessa aikavälillä 31.3.2015–31.12.2017 [4].



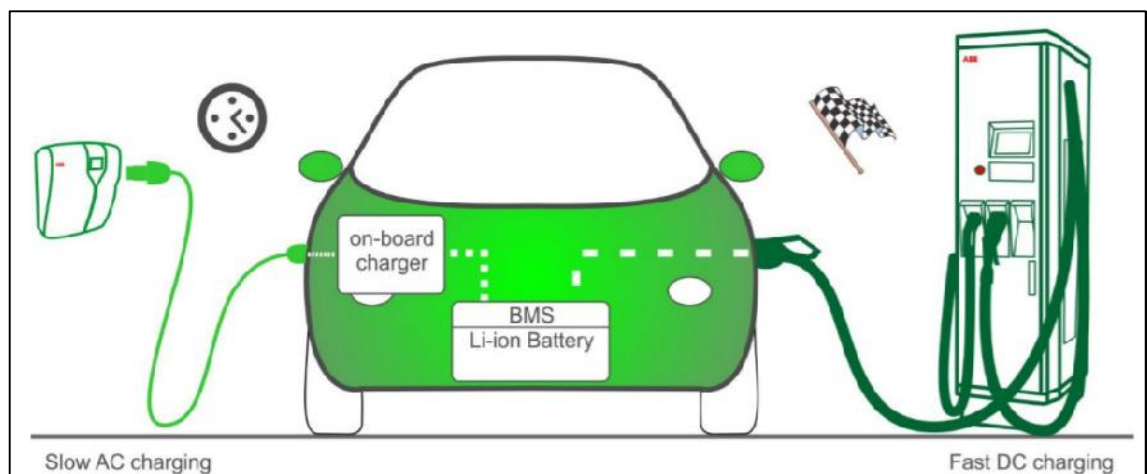


## 4 Sähköauton lataaminen

Hankittaessa sähköautoa on tärkeää tietää, miten lataaminen kyseisessä autossa käytännössä tapahtuu. Sähköautojen lataamiseen on olemassa eri tapoja riippuen siitä, min-kälaisella teholla ajoneuvo halutaan ladata. Käytännössä sähköauton lataustehon määrittelee akkujen latauslaitteen teho, jonka avulla yleisimmin akkuja ladataan vaihtovirralla (AC). Lataustavat ja niiden tehot ovat sidottuja latauspistokkeisiin ja niiden mekaaniseen kestävyyskuormituksesta riippuen. Vaatimukset eri pistoketyyppien rakenteellisista kestävyyksistä ja kuormitettavuuksista on mainittu niitä koskevissa standardeissa.

Sähköautojen lataamiselle on asetettu myös rajoituksia lataustehon suhteen. Rajoitukset latauspisteiden teholle määräytyvät kaapeloinnin, pistoketyypin ja virtapiiriä suojaavan etukojeen mukaan. Sähköauton lataaminen saattaa olla myös kielletty joissakin paikoissa, kuten taloyhtiöissä, joissa monesti lataamiseen käytettävän sähkönlaskutus on mahdotonta kohdistaa sähköauton lataajalle. Tämä johtuu usein siitä, että autoa ladataan lämmitystolpan pistorasiasta, jonka sähkönkulutusta on mahdotonta pistorasiakohtaisesti mitata ilman lämmitystolpan päivittämistä.

Kuvassa 6 on esitetty sähköauton lataustavat. Kuvassa vasemmalla esitetyssä lataustavassa akkuja ladataan vaihtovirralla (AC) auton omalla latauslaitteella, kun taas oikeanpuoleinen tapa on ladata akkuja suoraan tasavirralla (DC) pikalatausasemasta. [12.]



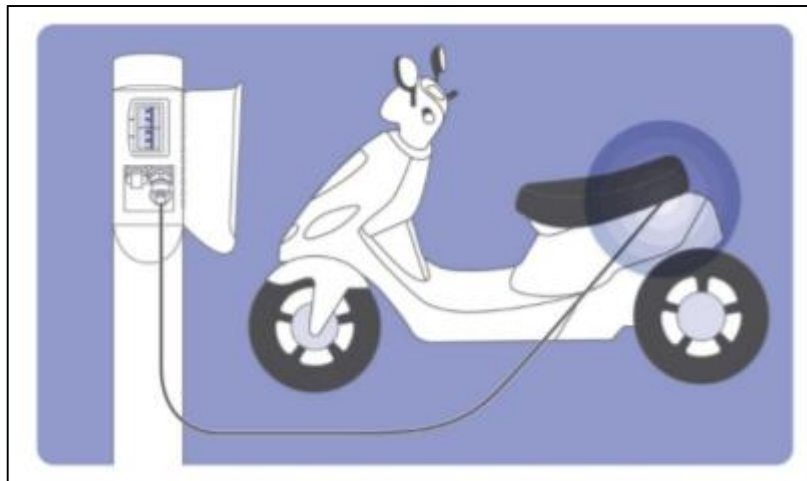
Kuva 6. Sähköauton lataustapojen periaatekuva [12].

#### 4.1 Lataustavat

Lataustavat jaetaan neljään luokkaan riippuen lataustehosta ja latauspistokkeen tyy-  
pistä. Lataustavat ja niihin liittyvät vaatimukset on määritelty standardeissa SFS-600-7-  
722, SFS 6000-8-813 ja SFS-EN 62752 [13; 14; 15].

##### Kevyiden ajoneuvojen lataus

Lataustapa 1 (mode1 charging) on tarkoitettu kevyiden sähköajoneuvojen, kuten sähkö-  
mopojen tai sähköpolkupyörien lataamiseen. Käytännössä kevyitä sähköajoneuvoja la-  
dataan yleisesti kotitalouskäyttöön tarkoitetusta yksivaiheisesta 230 V:n sukopistorasi-  
asta [16]. Kuvassa 7 on esitetty kevyen ajoneuvon lataus. [12.]



Kuva 7. Lataustapa 1. Kevyen ajoneuvon lataaminen [12].

## Hidas lataus

Hidas lataustapa (mode 2 charging) on tarkoitettu tilapäiseen sähköauton lataamisen 230 V:n nimellisvirraltaan 16 ampeerin sukopistorasiasta, mikäli ei ole mahdollista käyttää sähköauton lataamiseen tarkoitettua lataustapaa 3. Standardi SFS-EN-62752 kuitenkin edellyttää, että hitaalla lataustavalla pitkäaikainen latausvirta on rajoitettu 8 ampeeriin, kun autoa ladataan kotitalouskäyttöön tarkoitettua sukopistorasiasta. [15.]

Käytännössä latausvirta alennetaan sähköauton mukana tulevalla ohjainlaitteella, joka on kytketty hitaan lataustavan latauskaapeliin. Kuvassa 8 on kuvattu sähköauton hitaan lataustavan latauskaapeli, jonka toisessa päässä on sukopistoke, ja toisessa päässä on tyypin 2 latauspistoke. Latauskaapelissa pistokkeiden välissä on latausvirtaa säätelevä ohjainlaite, jonka avulla latausvirtaa voidaan rajoittaa. [17.]



Kuva 8. Hitaan lataustavan 2 latauskaapeli ohjainlaitteella [17].

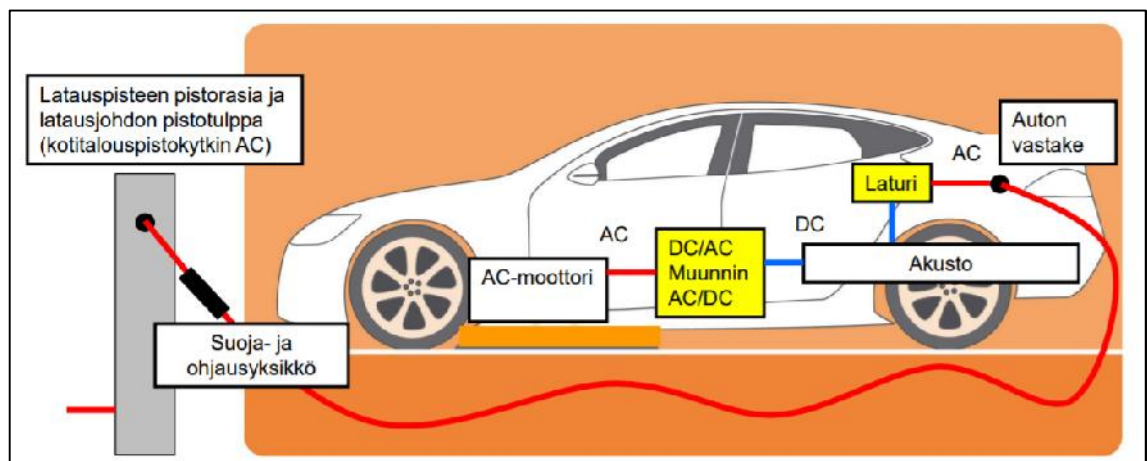
Hitaan lataustavan virranrajoitukseen on olemassa myös toisenlainen toteutustapa, jossa latausvirta voidaan valita auton sisäisestä valikosta ajotietokoneelta. Tällöin on vaarana, että latausvirta asetellaan liian suureksi pitkäaikaiseen lataukseen sukopistorasiasta, jonka pitkäkestoinen kuormitus on suositeltu 10 ampeeriin standardin SFS 6000-8-813 mukaan. Esimerkkinä voidaan pitää Teslan modell S-mallin mobiiliiliitintä, jolla 230 V:n pistokkeesta voidaan ladata maksimissaan 3 kW:n teholla, jolloin latausvirta on 13 A [18]. 13 ampeerin latausvirta saattaa pitkäaikaisessa kuormituksessa johtaa pistorasian tuhoutumiseen ja mahdollisesti aiheuttaa jopa tulipalon vaaraa.

Kuvassa 9 on sähköauton latauskäytössä ollut kotitalouskäyttöön tarkoitettu sukopistorasia, jonka nimellisvirta on 16A. kuvasta voi huomata, että pistorasian liitinpinnat ovat lämmenneet rajusti, jonka seurauksena pistorasian muoviosat ovat vioittuneet. [12]



Kuva 9. Sähköauton latauskäytössä ollut sukopistorasia [12].

Kuvassa 10 on esitetty hitaan lataustavan periaate, jossa sähköauto on liitetty kotitalouskäyttöön tarkoitettuun sukopistorasiaan. [12.]

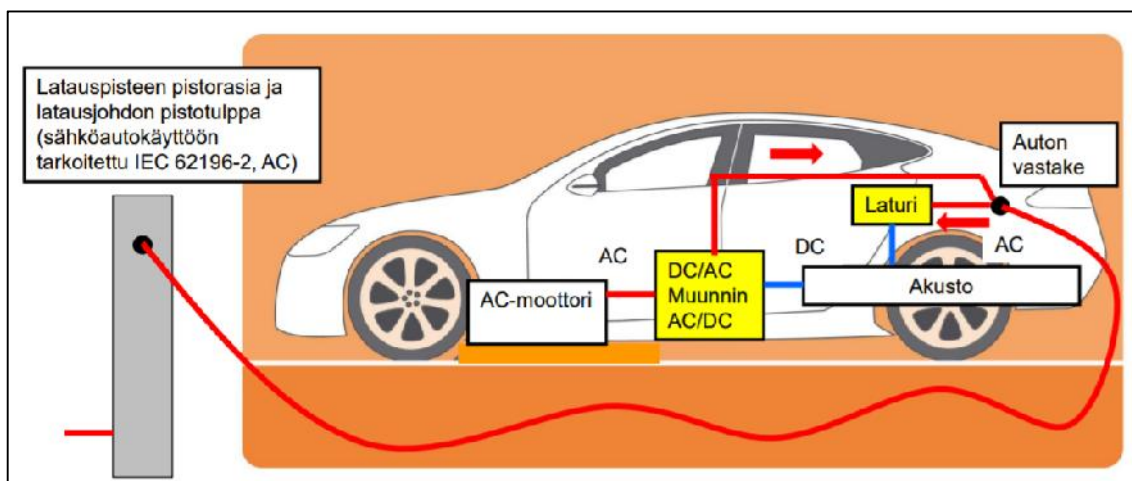


Kuva 10. Sähköajoneuvon hitaan latauksen periaate sukopistorasiasta käyttäen latausvirtaa rajoittavaa ohjausyksikköä [12].

## Peruslataus

Peruslatauksessa (mode 3 charging) sähköauto liitetään siihen tarkoitettuun latauspisteeseen, käyttämällä siihen tarkoitettua tyyppin 1 tai 2 latauspistokkeella varustettua latauskaapelia. Peruslatauksessa sähköautoa ladataan syöttämällä kiinteästä sähköverkosta vaihtovirtaa auton latauslaitteelle, joka muuntaa vaihtovirran akkujen lataamiseen tarvittavaksi tasavirraksi. Peruslataus mahdollistaa latauksen 6...63 ampeerin vaihtovirralla yksi- tai kolmivaiheisena, jolloin latausteho on 1,4 kW...43 kW. Peruslatauksessa latausasema ja auto keskustelevat keskenään tietoliikenneväylän välityksellä, jolloin on mahdollista säätää latausvirtaa esimerkiksi kiinteistön sähköverkonverkon tehokapasiteetin mukaan. Tietoliikenneväylää käytetään myös turvallisen latauksen todentamiseen, jolloin jos kesken latauksen tapahtuu vikatilanne tai häiriö, osaa latauslaite katkaista lataustapahtuman automaattisesti. Peruslataus mahdollistaa myös kahden suunnan latauksen, jolloin akuilta voidaan myös syöttää tehoa sähköverkkoon. [12.]

Kuvassa 11 on esitetty peruslatauksen periaate, jossa sähköautoa ladataan sille tarkoitettuun latauspisteeseen tyyppin 1 tai 2 pistokkeella. Kuvassa on myös havainnollistettu kahden suunnan lataaminen, jolloin auton latauslaite muuttaa auton akuissa olevan tasajännitteen sähköverkkoon syötettäväksi vaihtojännitteeksi. [12.]



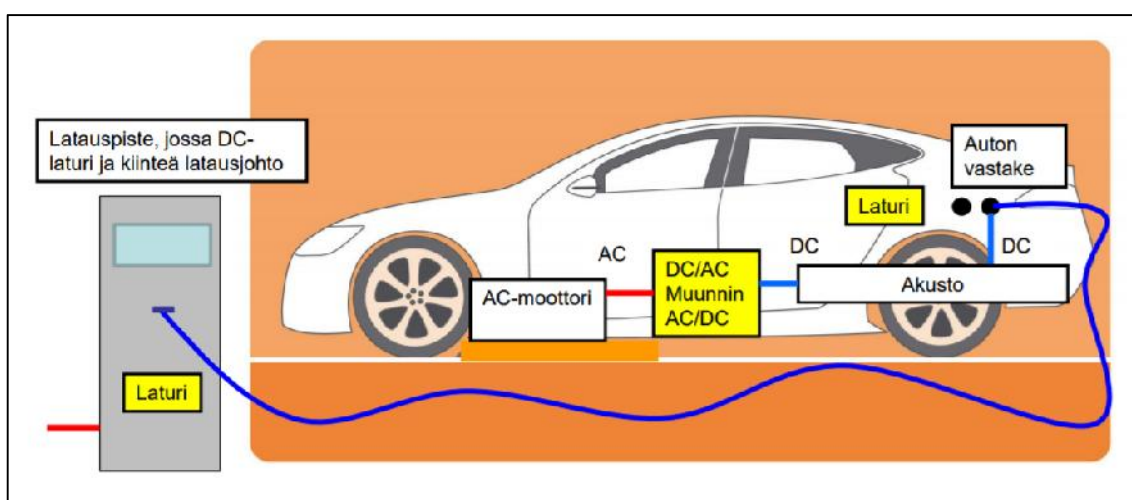
Kuva 11. Sähköauton peruslatauksen periaate käyttäen sähköautolle tarkoitettua latauspistettä tyyppin 1 tai 2 pistokkeella [12].

EU:n jakeluinfradirektiivin 014/94/EU liitteen 2 mukaan julkiset latauspisteet tulee toteuttaa peruslataukseen soveltuvilla latausasemilla, jotka on varustettu standardin SFS-EN-62196-2 mukaisella tyyppin 2 latauspistokkeilla. [19.] Latauspistettä suunniteltaessa ja hankittaessa on peruslataus lataustavoista selvästi kannattavin ja turvallisin vaihtoehto. Peruslatauksen hyviä puolia ovat mahdollisuus rajoittaa latausvirtaa portaattomasti sähköverkon kapasiteetin mukaan, sekä lataustehon suurempi kapasiteetti verrattuna hitaaseen lataustapaan.

#### Teholataus (mode 4 charging)

Teholataus on lataustavoista nopein tapa ladata sähköautoa. Teholatauksesta käytetään myös nimitystä pikalataus, joka kuvaa hyvin lataustehon suurta kapasiteettia. Teholatauksessa sähköauton akkuja ladataan suoraan tasavirralla ohi auton oman latauslaitteen, jolloin on mahdollista ladata suuremmalla virralla kuin mihin auton oma latauslaite on kykeneväinen. Teholataukseen tasavirralla soveltuvat latauspistokkeet CHAdeMO ja CCS 2 (combo 2) ovat määritelty standardissa SFS-EN 62196-3. EU:n jakeluinfradirektiivin 014/94/EU liitteen 2 mukaan julkiset suuritehoiset tasavirtalatauspisteet on toteutettava vähintään CCS 2 (combo 2) liittimellä. [19.] Teholatauksessa auto on liitettyä latausasemaan tietoliikenneväylän avulla samalla tavalla kuin peruslatauksessa, jolloin lataustapahtuma voidaan valvoa ja keskeyttää vian tai häiriön tapahtuessa.

Kuvassa 12 on esitetty sähköauton teholatauksen periaatekuva, jossa lataus tapahtuu teholatauspisteestä käyttäen pistoketyyppiä CHAdeMO tai CCS 2 (combo 2). [12.]



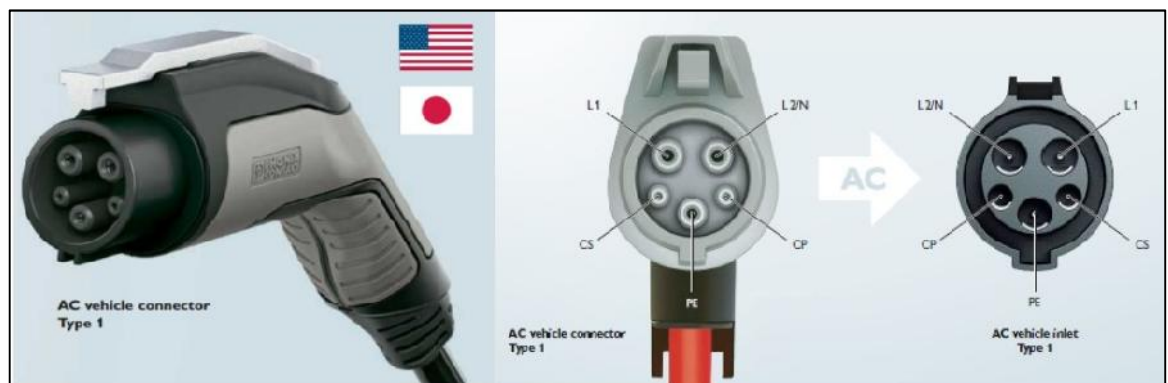
Kuva 12. Sähköauton teholatauksen periaate käyttäen teholataukseen tarkoitettua latauspistettä CHAdeMO tai CCS 2 (combo 2) pistokkeella [12].

## 4.2 Latauspistokkeet

Sähköauton lataamiseen peruslatauksella (mode 3) sekä tehollatauksella (mode 4) on pääasiallisesti tarjolla kahta eri mallia. Peruslatauksessa vaihtovirralla (AC) käytetään joko tyypin 1 tai tyypin 2 pistoketta, ja tehollatauksessa tasavirralla (DC) käytössä on joko CHAdeMO- tai CCS 2 (combo 2)-pistoke. Latauspistokkeen tyyppi määräytyy sen mukaan, kumpaa pistoketyyppiä autonvalmistaja käyttää autoissaan.

Tyypin 1 pistoketta käyttävät pääasiassa yhdysvaltalaiset ja japanilaiset autonvalmistajat. Kuvassa 13 on esitetty tyypin 1 latauspistoke [20; 21]. Kuvassa on myös esitetty tyypin 1 latauspistokkeen viisi johdinta, jotka ovat

- ) vaihejohdin L1
- ) nollajohdin L2/N
- ) tietoliikenneväylän johtimet CS ja CP



Kuva 13. Sähköauton lataukseen tarkoitettu tyypin 1 pistoke [20; 21].

Tyypin 1 pistoke on mahdollistaa sähköauton lataamisen peruslataukseen tarkoitettusta latauspisteestä. Tyypin 1 pistokkeella lataus tapahtuu yksivaiheisena maksimissaan 80 A:n virralla 240 V:n jännitteellä, jolloin latausteho on 19,2 kW. Käytännössä tyypin 1 pistokkeella myytävät latauskaapelit Suomessa ovat mitoitusvirraltaan 32 A, jolloin 230 V jännitteellä lataustehoksi saadaan 7,36 kW.



Tyypin 2 pistoketta käyttävät eurooppalaiset autonvalmistajat. Tyypin 2 pistoke on nimetty EU:n jakeluinfrastruktuurissa vähimmäisvaatimukseksi julkisissa peruslatauspisteissä (mode 3), jonka seurauksena monet eurooppalaiset autonvalmistajat ovat ottaneet käyttöön tyypin 2 pistokkeen ladattavissa autoissaan. [19.] Tyypin 2 pistokkeella on mahdollista ladata sähköautoa yksi tai kolmivaiheisena enintään 63 ampeerin virralla, jolloin kolmivaiheisella latauksella 400 V vaihtojännitteellä (AC) saadaan lataustehoksi 43,5 kW. Yleisin latausteho tyypin 2 pistokkeella on tyypillisesti 1 x 16 A tai 3 x 16 A jolloin lataustehot ovat 3,7 kW tai 11 kW, riippuen auton latauslaitteesta. Joitakin täys-sähköautoja voidaan ladata jopa 3 x 32 A virralla, jolloin lataustehoksi saadaan 22 kW. [22.]

Kuvassa 14 on esitetty tyypin 2 latauspistoke sekä sen johtimet (7 kpl), joiden avulla sähköautoa ladataan peruslataukseen soveltuvasta latauspisteestä. Tyypin 2 latauspistokkeen johtimet ovat:

- ) Vaihejohdin L1
- ) Vaihejohdin L2
- ) Vaihejohdin L3
- ) Nollajohdin N
- ) Suojamaadoitusjohdin PE
- ) Tietoliikenneväylän johtimet CP ja PP



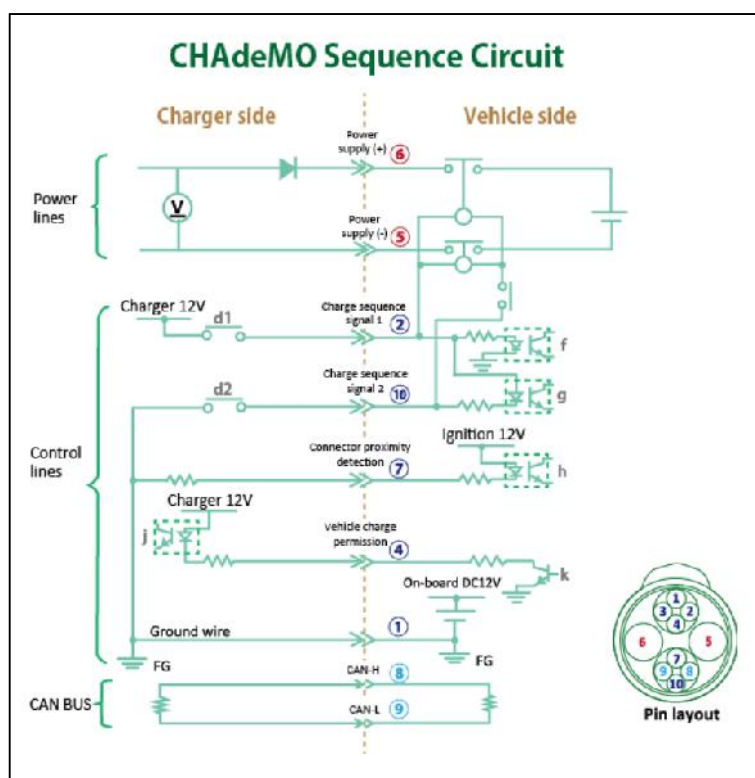
Kuva 14. Sähköauton lataukseen tarkoitettu tyypin 2 pistoke [20; 21].



Teholataukseen käytettävä CHAdeMO-pistoke mahdollistaa sähköauton lataamisen tasavirralla. CHAdeMO-pistoke käyttää latauksessa 500 V tasajännitettä korkeintaan 125 A virralla, jolloin lataustehoksi saadaan 62,5 kW. [23] CHAdeMO-pistoketta käyttävät pääsääntöisesti japanilaiset autonvalmistajat joista voidaan esimerkkinä nostaa esiin Nissan ja Mitsubishi [22]. Kuvassa 15 esitetty CHAdeMO-pistoke jossa on kaksi tehoa syöttävää tasavirtajohdinta DC+ ja DC- sekä kahdeksan tietoliikenneväylän johdinta, joiden toiminnot ovat selostettuna kuvassa 16. [22; 24.]



Kuva 15. Sähköauton tehollataukseen tasavirralla käytettävä CHAdeMO-pistoke [22].



Kuva 16. CHAdeMO tehollatauspistokkeen johdotuskaavio [24].

Pistoketyyppi CCS (combo 2) on euroopplaisten autonvalmistajien käyttämä pistoketyyppi tasavirralla tapahtuvaan teholataukseen (mode 4). Pistoketyyppi CCS 2 (combo2) on määritelty EU:n jakeluinfradirektiivissä sekä standardissa SFS 6000-7-722 vähimmäisvaatimukseksi julkisiin teholatauspisteisiin, jossa lataus tapahtuu tasavirralla (DC). CCS 2 (combo 2) pistoketyyppi kykenee lataamaan sähköautoa korkeajännitteisellä 1000 V tasajännitteellä jopa 200 ampeerin virralla, jolloin lataustehoksi saadaan 200 kW. Suuresta latauskapasiteetista huolimatta ovat teholatauspisteet CCS 2-pistokkeella Suomessa yleisesti korkeintaan 50 kW:n tehoisia. [13; 19.]

Kuvassa 17 on esitetty CCS 2 (combo 2) latauspistoke sekä sen viisi johdinta. Kuvassa pistokkeen alalaidassa on tasavirtajohtimet DC+ ja DC-, ja pistokkeen ylälaidassa ovat tietoliikenneväylän johtimet CP ja PP sekä näiden keskellä oleva suojamaadoitusjohdin.



Kuva 17. Sähköauton teholataukseen tasavirralla käytettävä CCS 2 (combo 2)-pistoke [21].

#### 4.3 Älykäs lataaminen

Älykkäällä lataamisella on tarkoitus parantaa sähköautojen latausta, jolloin latauksesta voidaan tehdä turvallisempi, nopeampi ja kustannustehokkaampi. Turvallinen lataaminen on yksi tärkeimmistä asioista, joita sähköautojen lataamiseen liitetään. Älykkäässä lataamisessa auton latauslaite varmistaa tiedonsiirtoväylän avulla, että latauspistoke on kytketty oikein, jonka jälkeen lataustapahtuma voidaan käynnistää. [25.]

Lataustauksen nopeuteen vaikuttaa käytettävissä oleva teho latauspisteessä. Älykkäällä latauksella voidaan latauspisteen antamaa latausvirtaa säätää käytettävissä olevan tehokapasiteetin mukaan dynaamisella kuormanhallinnalla. Tällöin esimerkiksi taloyhtiössä vähäisen tehonkulutuksen hetkellä voidaan latauspisteiden virtaa korottaa, jolloin akkujen lataamiseen käytetty aika pienenee. Dynaamisella kuormanhallinnalla voidaan myös rajoittaa latauspisteiden antamaa latausvirtaa suurimman tehonkulutuksen aikaan kiinteistössä, jolloin vältetään sulakkeiden ja suojalaitteiden laukeamisilta.

Kustannustehokkuuteen voidaan vaikuttaa kohdistamalla lataushetki siihen aikaan vuorokaudesta, jolloin sähkö on edullisinta. Tällaista palvelua Suomessa tarjoaa Virta, jonka VIRTa Home älylataus perustuu siihen, että se tunnistaa edullisimmat tuntihinnat pohjoismaisesta Nord Pool sähköpörssistä sähköauton lataamiseen, ja ajoittaa lataamisen näille tunneille [25]. Älykäs lataus mahdollistaa myös lataukseen käytetyn sähkön laskutuksen ja seurannan latauspistekohtaisesti, joka toteutetaan latauspisteiden kWh-energiamittareiden avulla. Tällöin lataukseen käytetyn sähkön määrä ja siitä syntynyt lasku voidaan helposti kohdentaa oikealle henkilölle. [25.]

### 5 Latauspisteitä koskevat standardit, lait ja ohjeet.

Sähköautojen latauspisteitä sekä niiden suunnittelua ja asentamisesta varten on Suomessa laadittu määräyksiä, joita tulee noudattaa latauspisteitä hankittaessa. Keskeisimmät suunnittelua ja asennuksia koskevat standardit, lait ja ohjeet, on pyritty tuomaan esiin tässä opinnäytetyössä.

## 5.1 SFS-6000-7-722

Standardiin SFS-6000-7-722 on koottu sähköajoneuvojen syöttöä koskevat määräykset. Standardin keskeisiä vaatimuksia sovelletaan sähköautojen lataukseen käytettäviin pii-reihin, jotka toteutetaan lataustavoilla 1, 2, 3 tai 4, sekä suojaukseen, kun sähköautosta syötetään sähköä takaisin sähköverkon suuntaan. Standardin määräykset eivät koske sellaisia mitoitusvirralltaan enintään 16 A kotitalouspistorasioita, joiden käyttötarkoitus on jokin muu kuin sähköauton lataaminen. [13.]

Standardissa käydään läpi sähköautojen lataustavat (mode1...mode4) ja keskeisimmät sähköautoja koskevat termit ja määritelmät sekä latauspisteitä koskevat tekniset määritelmät. Tekniset määritelmät laitteiden kestävyyskannalta, kuten kotelointi- ja ilkivaltalukat ovat määritelty seuraavasti:

- ) Sisätiloihin sijoitetun latauspisteen kotelointiluokka on vähintään IP41.
- ) Ulkotiloihin sijoitetun latauspisteen kotelointiluokka vähintään on IP44.
- ) Julkisilla paikoilla olevien latauspisteiden tulee kestää luokan IK10 mukainen ulkoinen isku.
- ) Paikkoihin, johon on rajattu pääsy, tulee latauspisteen kestää luokan IK7 mukainen ulkoinen isku. Suositellaan kuitenkin kestävämmän luokan IK8 mukainen ulkoinen isku.

Sähköautojen latauspisteitä tulee standardin mukaan TN-järjestelmässä syöttää TN-S-järjestelmän ryhmäjohtoilla ja omalla virtapiirillään, johon voidaan tarvittaessa kytkeä tavanomainen autonlämmitin. Latauspisteiden syötön automaattiseen poiskytkentään tulee vaatimuksen mukaan käyttää vähintään tyyppin B vikavirtasuojaa, joka on toimintamitoitusvirralltaan korkeintaan 30 mA. Vikavirtasuojan tulee katkaista kaikki jännitteiset johtimet. [13.]

Latauspistokkeet ja niiden käyttö on määritelty standardissa teholuokituksen mukaan, Normaalitehoiset (korkeintaan 22 kW) ja suuritehoiset (yli 22 kW) vaihtosähkölatauspisteet tulee olla varustettuna ainakin tyypin 2 latauspistokkeella. Tasasähkölatauspisteet tulee olla varustettuna ainakin tyypin FF (combo 2) latauspistokkeella. Standardin mainitsemalla FF (combo 2) latauspistokkeella tarkoitetaan CCS 2 (combo 2)-latauspistoketta, joka on esitetty luvussa 4.2. [13.]

## 5.2 Latauspisteitä koskeva lainsäädäntö

Suomessa laki ei toistaiseksi määrää sähköautojen latauspisteille erillisvaatimuksia. EU:n jakeluinfradirektiivin 2014/94/EU pohjalta on kuitenkin laadittu laki 478/2017 liikenteessä käytettävien polttoaineiden jakelusta. Lain tarkoitus on varmistaa, että julkisten latauspisteiden tekniikka on yhteisten eritelmien mukaisia. Julkisten latauspisteiden tekniset eritelmät ja vähimmäisvaatimukset on kuvattu jakeluinfradirektiivin liitteessä 2. Lain 4-momentissa on julkisia lataus- ja tankkauspisteitä koskevat määritelmät kirjattu seuraavasti [26]:

- ) Toiminnanharjoittaja saa asettaa julkisen lataus- ja tankkauspisteen käytölle aikarajoituksia sekä erilaisia tunnistus-, käyttö- ja maksuehtoja.
- ) Toiminnanharjoittajan on varmistettava, että vaihtoehtoisten polttoaineiden lataus- tai tankkauspiste on jakeluinfradirektiivin liitteessä II säädettyjen teknisten eritelmien mukainen.
- ) Toiminnanharjoittaja ei saa edellyttää, että käyttäjän tai kuluttajan on sitouduttava sopimukseen tai jäsenyyteen voidakseen tehdä yksittäisen latauksen tai tankkauksen.
- ) Sähkökäyttöisten ajoneuvojen latauksessa tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää älykkäitä latausjärjestelmiä
- ) Liikenteen turvallisuusvirasto voi antaa tarkempia määräyksiä momentissa 2 tarkoitetuista teknisistä eritelmistä.

Vaikka latauspisteitä ja niiden rakentamista edistävää lakia ei vielä ole olemassa, ollaan EU:n jäsenmaiden tasolla päästy helmikuun alussa sopuun rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistamisesta, joka voimaan astuessaan koskee myös sähköautojen latauspisteitä. Direktiiviehdotuksessa on määritetty, että uusiin sekä laajalti saneerattaviin asuinkiinteistöihin joissa on enemmän kuin kymmenen autopaikkaa, tulee remontin yhteydessä asentaa varausputket jokaiselle pysäköintipaikalle niin, että jälkikäteen on mahdollista jokaiseen parkkiruutuun asentaa sähköauton latauspiste. [27.]

Direktiiviehdotuksen mukaan muihin kuin aseuinrakennuksiin, joissa on enemmän kuin kymmenen autopaikkaa, tulee uudisrakentamisessa ja laajojen saneerausten yhteydessä asentaa ainakin yksi latauspiste. Tämän lisäksi tulee asentaa varausputket joka viidennelle pysäköintipaikalle siten, että näihin voidaan jälkikäteen asentaa sähköauton latauspiste. Jäsenmaiden tulee direktiiviehdotuksen mukaan myös asettaa latauspisteiden vähimmäismäärät muihin kuin asuinrakennuksiin, joissa on enemmän kuin 20 autopaikkaa. [27.]

Astuakseen voimaan direktiivi tarvitsee vielä lopullisen hyväksynnän Euroopan parlamentilta. Kun direktiivi on virallisesti hyväksytty ja astunut voimaan, on jäsenmailla 20 kuukautta aikaa saattaa se osaksi kansallista lainsäädäntöä. [27.] Käytännössä mikäli direktiivi astuu voimaan vuoden 2018 puolella, tulevat sen vaatimukset osaksi kansallista lainsäädäntöä Suomessa vuosien 2020–2021 aikana.

### 5.3 ST-kortti 51.90

Sähköautojen latauspisteiden toteutusta koskevat ohjeistukset ja määräykset on koottu Sähköinfo Oy:n laatimaan ST-korttiin 51.90. ST-kortti sisältää tietoa lataustavoista, latauspisteiden toteutusperiaatteista, latauspisteiden kaapeloinnista, teholaskelmista sekä esimerkkikaavioista.

## Latauspisteiden toteutusperiaatteet

Latauspisteiden toteutukseen tulisi ST-kortin mukaan käyttää vain sähköauton lataamiseen suunniteltuja latausasemia, sillä autonlämmitykseen käytettävät nykyiset lämpöpömpöpat eivät sovellu lataamiseen teknisten rajoitteidensa takia. Jokainen latauspiste on suunniteltava omaksi virtapiirikseen, eli oman ylivirtasuojan ja vikavirtasuojan taakse. Samaan piiriin voi kytkeä myös ajoneuvon lämmityksen. Tällä varmistetaan, etteivät yhdenlatauksen häiriössä myös muut lataukset häiriinny. [28]

Latauspisteet tulee jokainen erikseen suojata vähintään A-tyyppin mitoitus toimintavirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla, jolloin vikavirtasuoja voi syöttää vain yhtä latauspistoketta. Monivaiheisissa latausasemissa joissa lataajia on useampia, tulee käyttää B-tyyppin vikavirtasuojaa, sillä kuormituksen tyyppiä ei usean lataajan latauspisteessä voida ennalta määrittää. Tämänkaltaisia latausasemia ovat käytännössä kaikki 3-vaiheiset julkiset latauspisteet. Pelkästään latauskäyttöön suunnitelluissa laitteissa tulee olla suojaus, joka estää jännitekatkon aikana jännitteensyöttämisen auton akuista jännitteettömään verkkoon. [28.]

Lataustapojen 3 ja 4 latauspisteissä tulee olla suojaustoiminto, joka estää latauspistokkeen kytkemisen tai irrottamisen, mikäli pistoketta ei ole kytketty irti syötöstä, jolloin pistoke on jännitteellinen. Suuret latausjärjestelmät tulisi sijoittaa sähköjärjestelmässä erilleen ja varata niille oma jakokeskus tai varata vähintään oma etukojeellinen lähtö pää tai jakokeskuksessa. Kuormanhallintaa on suositeltavaa käyttää suurissa latausjärjestelmissä, jolloin säästytään kaapeleiden ja liittymätehon turhilta ylimitoituksilta. [28.]

## Kaapeloinnin toteutusperiaatteet

Yksivaiheinen lataus on mahdollista toteuttaa muutamalla vaihtoehdolla. Ensimmäisessä vaihtoehdossa jokainen latauspiste kaapeloidaan omaan ryhmäänsä. Toinen vaihtoehto on kaapeloida latauspisteet ketjuun yksivaiheisella kaapelilla. Kolmas vaihtoehto on kaapeloida pisteet ketjuun kolmivaiheisella kaapelilla autolämmitysryhmien tapaan. Kolmivaiheista kaapelia käytettäessä vaiheita 1, 2 ja 3 hyödynnetään vuorotellen. Vaiheiden vuorottelulla varaudutaan yksivaiheisiin latauksiin ja varmistetaan vaiheiden kuormitusten tasapaino. [28.]

Kolmivaiheinen lataus voidaan toteuttaa myös kaapeloimalla latauspisteet yksitellen jokainen omalla ryhmäkaapelillaan, jolloin latauspistettä suojaavat suojalaitteet voidaan sijoittaa syöttävään keskukseen tai latausasemaan. Ketjutettaessa useampi latauspiste samaan ryhmään, esimerkiksi kahden latauspisteen latausasema, tulee suojalaitteiden sijaita latausasemassa. [28.]

Suuritehoiset tasavirtalatausasemat tulee kaapeloida omalla syötöllään. Keskuksia sekä latauspisteitä syöttävien kaapeleiden mitoituksen laskennassa on tasauskertoimena käytettävä aina lukua 1, mikäli latauspisteissä ei ole käytössä kuormanhallintaa. Mikäli latauspisteissä on kuormanhallintaominaisuus, voidaan tasauskertoimen luvusta 1 poiketa. Kaapeloinnin osalta kuormanhallinta tarkoittaa sitä, että jokaiselle latauspisteelle on vedettävä tarvittavat tiedonsiirtokaapelit, jotta latauspisteet saadaan yhdistettyä taustajärjestelmään. Kaapelointi tulee suojata mekaanisilta vaurioilta esimerkiksi kaapeloimalla ne suojakourun tai suojaputken sisään. [28.]

#### Teholaskenta

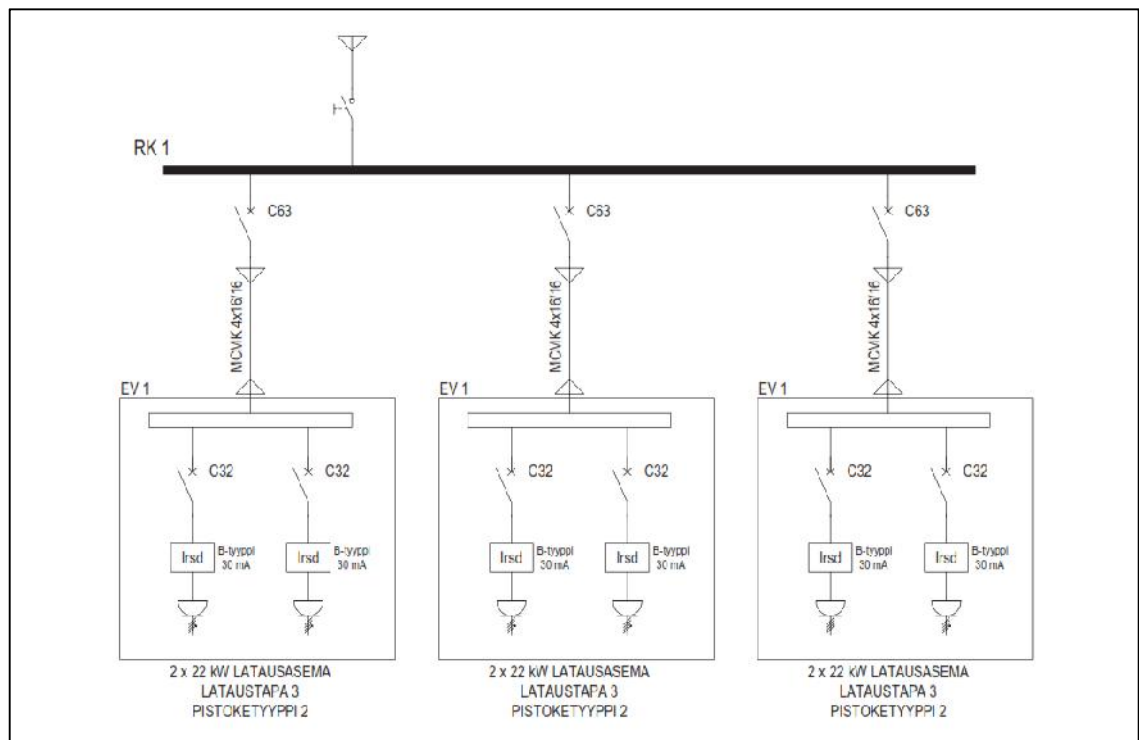
Latauspisteiden tehontarpeen laskennassa tulee myös käyttää tasauskerrointa 1, mikäli käytössä ei ole kuormanhallintaa. Latauspisteiden tehontarpeen määrittelyyn voidaan käyttää seuraavia tietoja [28].

- ) Latausasemien tyyppi
- ) Latausasemien määrä
- ) Käyttöpaikka ja käyttäjäprofiili
  - o Keskimääräinen latausaika
  - o Keskimääräinen latausenergia
- ) Muu kuorma
- ) Rajoitukset
  - o Liittymän koko
  - o Pää- ja ryhmäkeskusten koko
  - o Minimilatausvirta latausasemille
    - 6 A per latausasema IEC 61851:n mukaan



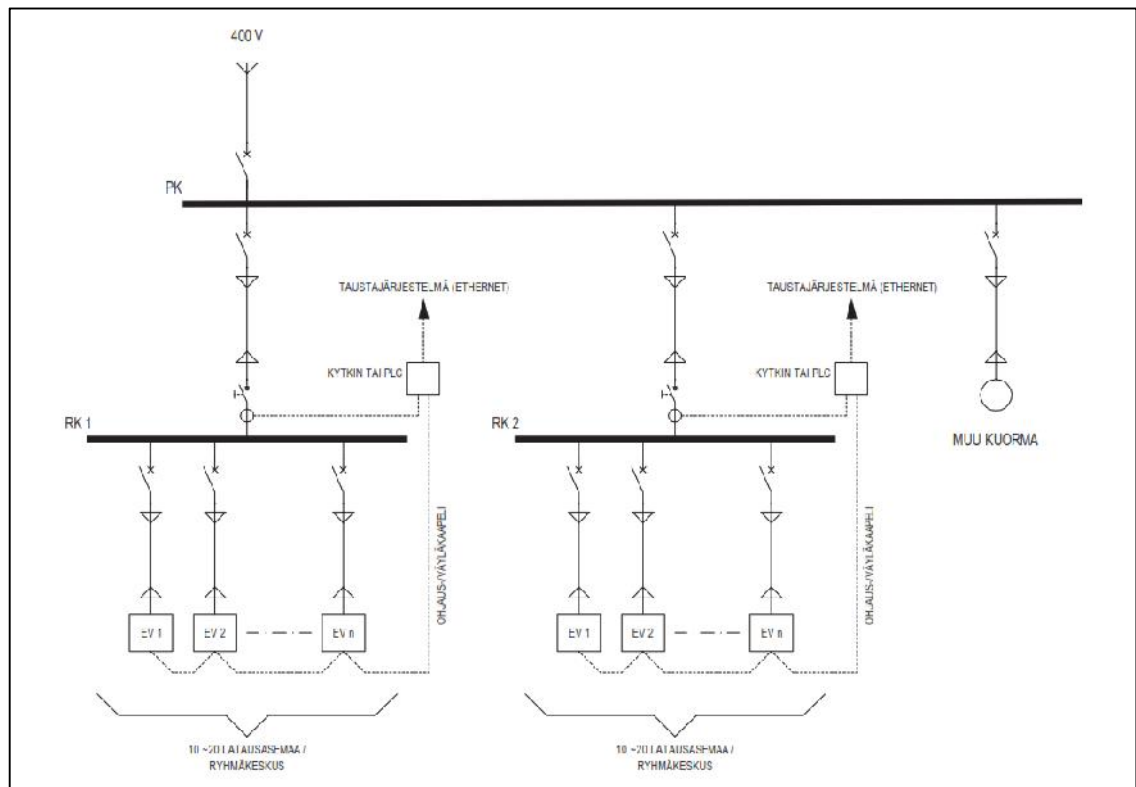
## Toteutus esimerkkejä

ST-kortissa on esitetty toteutus esimerkkejä sähköautojen latausjärjestelmien toteutukselle. Esimerkit ovat pienestä, keskisuuresta ja suuresta latausjärjestelmästä, joiden eroina ovat mittaustekniset ratkaisut sekä kuormanhallinnan laajuus. Kuvassa 18 on esitetty yksinkertaistettu kaavio pienestä latausjärjestelmästä (lataustapa 3). Pienen latausjärjestelmän esimerkissä ei käytetä kuormanhallintaa, jolloin latauspisteitä syöttävien kaapeleiden ja näitä suojaavien etukojeiden mitoituksessa on käytetty tasauserrointa 1. [28.]



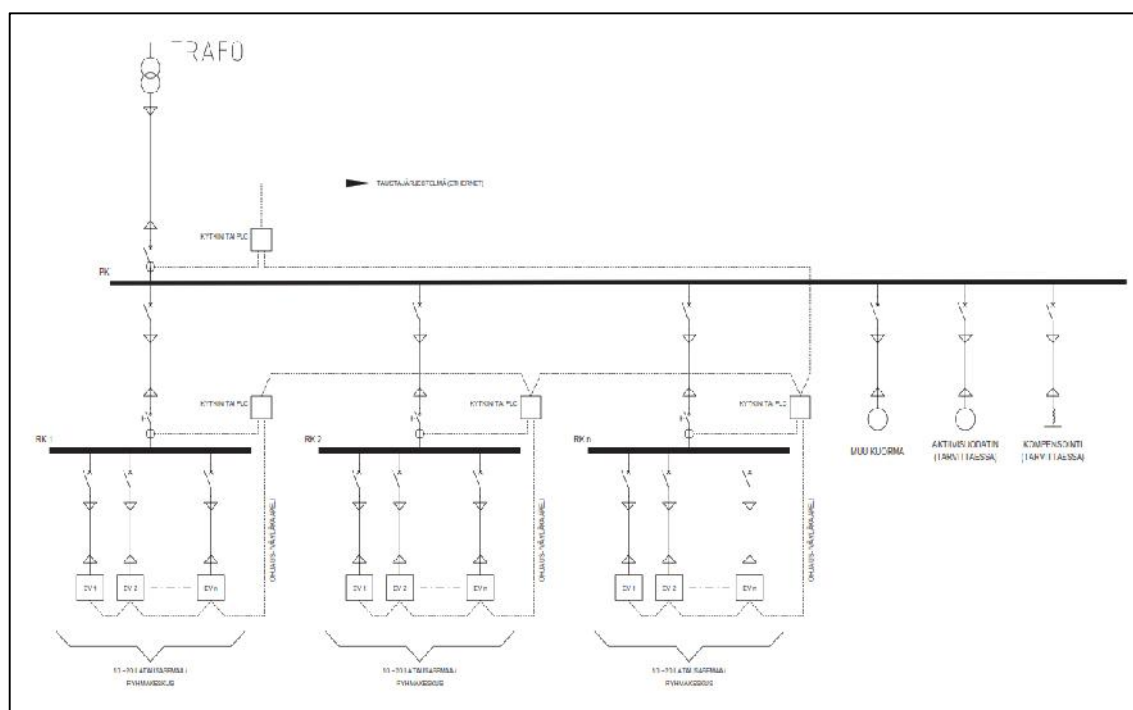
Kuva 18. Pienen latausjärjestelmän esimerkkikaavio ilman kuormanhallintaa [28].

Kuvassa 19 on esitetty yksinkertaistettu kaavio keskisuuresta latausjärjestelmästä sekä sen kuormanhallinnasta ja taustajärjestelmistä (lataustapa 3). Keskisuuren latausjärjestelmän esimerkissä käytetään kuormanhallintaa, jossa ryhmäkeskustasolla 10–20 auton jokainen latauspiste on kaapeloitu ohjausväyläkaapelilla latausjärjestelmän PLC-säätimelle, josta tiedot siirretään yhteiseen taustajärjestelmään. PLC-säätimelle on tuotu myös virtamittaustieto ryhmäkeskuksen syöttökaapelista, jolloin latauspisteiden ottamaa latausvirtaa voidaan säätää taustajärjestelmästä automaattisesti ryhmäkeskuksen tehoreservin mukaan. Keskisuuren latausjärjestelmän esimerkissä taustajärjestelmään ei ole tuotu virtamittausta pääkeskusta syöttävästä kaapelista, jolloin voitaisiin huomioida järjestelmää rasittavat muut kuormat ja ehkäistä pääkeskuksen pääsulakkeiden laukeaminen rajoittamalla latauspisteiden latausvirtaa. [28.]



Kuva 19. Keskisuuren latausjärjestelmän esimerkkikaavio, jossa kuormanhallinta ja taustajärjestelmä ovat ryhmäkeskustasolla [28].

Kuvassa 20 on esitetty yksinkertaistettu kaavio suuresta latausjärjestelmästä sekä sen kuormanhallinnasta ja taustajärjestelmistä (lataustapa 3). Suuren latausjärjestelmän esimerkissä käytetään kuormanhallintaa ja taustajärjestelmää sekä ryhmäkeskus että pääkeskustasolla. Suuren latausjärjestelmän esimerkki poikkeaa keskisuurista siltä osin, että suuren latausjärjestelmän esimerkissä on pääkeskusta syöttävästä kaapelista tuotu virtamittaus omalle PLC-säätimelle. Ryhmäkeskusten sekä pääkeskuksen PLC-säätimien tiedot on viety taustajärjestelmään, jolloin on mahdollista seurata tehokkaammin kiinteistön sähköjärjestelmän tilaa ja säätää latauspisteiden latausvirtaa kiinteistön liittyvän tehoreservin mukaan. [28.]



Kuva 20. Suuren latausjärjestelmän esimerkkikaavio, jossa kuormanhallinta ja taustajärjestelmä on toteutettu pää- ja ryhmäkeskustasolla [28].

## 6 Laitevalmistajat

Latauspisteiden valmistajia on markkinoilla useampia, joista muutama esitellään tässä opinnäytetyössä. Lähtökohtana laitevalmistajien kartoitukselle oli, että laitevalmistajalla pitää olla mahdollisuus toimittaa latauspisteiden lisäksi myös kuormanhallinta- ja taustajärjestelmät, jotta latauspisteet voidaan tarvittaessa liittää osaksi kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmää. Latauspisteet, joita laitevalmistajien kohdalta kartoitettiin ovat peruslataukseen (lataustapa 3) soveltuvia tyyppin 2 pistokkeella toimivia, sillä suurin osa tulevaisuuden latauspisteistä tulee todennäköisesti olemaan juuri tällä kokoonpanolla toteutettuja.

### 6.1 Schneider Electric

Schneider Electric tarjoaa sähköautojen lataukseen kolmea eri vaihtoehtoa, joiden teholuokat vaihtelevat välillä 3,7 kW...50 kW. Schneiderin tarjoamat latauspisteet ovat soveltuvia niin julkiseen kuin kotilatauskäyttöön, sillä latauspisteiden lisäksi saatavilla on kuormanhallintaan ja energian mittaukseen soveltuvat taustajärjestelmät. Taustajärjestelmät latauspisteineen ovat liitettävissä rakennusautomaatiojärjestelmään ja laskutuksen voi halutessaan siirtää kolmannen osapuolen hallinnoitavaksi OCPP-kommunikaation avulla.

Latauspisteistä pienintä kokoa edustaa EVlink WallBox ja EVlink smart WallBox. Molemmat latauspisteet ovat ulkomuodoltaan ja kooltaan samankokoiset, mutta eroavat teknisiltä ominaisuuksiltaan. WallBox- ja smart WallBox-malleissa ei ole sisäänrakennettuna vikavirtasuojaa, jolloin se on sijoitettava kiinteistön ryhmäkeskukseen. Wallbox ja smart WallBox ovat saatavilla joko type 2-pistorasialla tai kiinteällä latauskaapelilla varustettuna type1- tai type2-pistokkeella. Smart WallBox-malliin on mahdollista saada myös lisävarusteena myös sukopistorasia type 2-latauspistorasian lisäksi. Molemmat mallit ovat seinäasenteisia mutta ne voidaan asentaa myös saatavilla olevaan teräksiseen, maahan asennettavaan jalkaan. Kuvassa 21 on esitetty WallBox-mallin vaihtoehdot pistorasialla ja kiinteällä latauskaapelilla sekä asennusjalka. [29.]



Kuva 21. WallBox ja smart Wallbox mallien vaihtoehtot pistorasialla tai kiinteällä latauskaapelilla sekä teräksinen asennusjalka [29].

Perusmalli WallBox on tarkoitettu omakotitalon, rivitalon tai kerrostalon paikoitusalueelle jossa latauspisteet ovat nimettyjä, jolloin ei synny tarvetta tunnistautumiselle lataukseen käytetyn sähkön laskuttamiseksi. Wallbox-perusmallissa ei ole sisäänrakennettua energiamittausta, jolloin lataukseen käytetyn sähkön mittaaminen on toteutettava ryhmäkeskukseen sijoitettavalla kWh-mittarilla. [29.]

Wallbox mallin tekniset tiedot ovat seuraavat [30]:

- ) kotelointiluokka IP55
- ) ilkväluokka IK10
- ) teholuokat 3,7 / 7,4 / 11 / 22kW
- ) yksi Type2 pistorasia tai kiinteä latauskaapeli Type1 tai Type2
- ) avaimella lukittava kansi / latauskaapeli

Tehonrajoitus WallBox-mallissa voidaan toteuttaa kärkitiedolla esim. saunan kiukaan, lämpöpumpun tai minkä tahansa kuormaryhmän kytkeytyessä päälle tai tehorajan ylittyessä. Kärkitieto saadaan esim. CDS-kuormanpudotuskontaktorilta tai kiukaan ohjauskeskuksesta. Tehonrajoitus voidaan kärkitiedolla pudottaa kiinteästi vain yhden portaan 32 A -> 16 A ja 16 A -> 10 A. [29.]

Smart Wallbox on tarkoitettu puolijulkisiin yhteiskäyttökohteisiin, kuten kauppakeskuksiin, toimistoihin ja paikoitusalueisiin, joissa halutaan käyttäjän tunnistautuminen ja liityntä laskutusoperaattorin palveluun. Smart mallin sisäänrakennetun energiamittauksen avulla latauspisteiden energiankulutusta voidaan mitata ilman erillisiä ryhmäkeskukseen asennettavia kWh-mittareita. Smart malliin on saatavilla myös RFID-lukija, jonka avulla lataaja voidaan tunnistaa laskutuksen kohdentamiseksi. Kolmannen osapuolen laskutusjärjestelmään liittyminen vaatii aina RFID-lukijan. [29.]

Smart WallBox-mallin tekniset tiedot ovat seuraavat [30]:

- ) Kotelointiluokka IP55
- ) Ilkivaltalukko IK10
- ) Teholuokat 7,4kW (1-vaiheinen) ja 22kW (3-vaiheinen)
- ) Yksi Type2 pistorasia tai kiinteä latauskaapeli Type1 tai Type2
- ) Tehonrajoitus 8A-> max.
- ) Avainlukko
- ) RFID-lukija (riippuen mallista)
- ) Ethernet vakiona
- ) Modeemi tai wifi kortti lisävarusteena
- ) OCPP 1.5 tai 1.6

Smart WallBox on mahdollista liittää ethernet- portin avulla osaksi suurta latausjärjestelmää, jossa lataustehoa voidaan säätää portaattomasti. Lisävarusteena asennettavat 3G- modeemi ja WIFI-kortti tekevät smart WallBox-mallista langattomasti toimivan, jolloin esimerkiksi latausoperaattori kykenee olemaan etäyhteydessä latauspisteisiin ilman kiinteää nettiliittymää. Kuormanhallinta smart WallBox-mallissa voidaan toteuttaa kiinteän porrastuksen lisäksi myös dynaamisesti, jolloin latausvirtaa voidaan säätää portaattomasti. [29.]

Julkisiin yhteiskäyttökohteisiin Schneiderillä on tarjota EVlink Parking, joka on takoitettu tienvierustoille, huoltoasemille ja muihin vastaaviin paikkoihin joissa käyttäjä halutaan tunnistaa ja laskutus liittää latausoperaattorin palveluun. Kuvassa 22 on esitetty EVlink parking latauslaitteen seinä- ja maa-asenteinen malli. [29.]



Kuva 22. EVlink Parkingin seinälle ja maahan asennettava malli [29].

Parking-mallin latausasemaa on saatavilla yhdellä tai kahdella latauspistokkeella sekä myös RFID-lukijalla tai ilman tätä. Asennustapa on valittavissa joko seinälle tai maahan asennettuna. Seinälle asennettavalle mallille on saatavilla oma asennusteline ja maahan asennettavalle oma kiinteä asennusjalka, jonka päälle latauspiste asennetaan.

EVlink Parking-malin tekniset tiedot ovat seuraavat [30]:

- ) Teholuokat 7.4kW (1-vaiheinen) ja 22kW (3-vaiheinen)
- ) Kotelointiluokka IP 54 metallikuori
- ) Ilkivaltaluokka IK 10
- ) Yksi- tai kaksi kpl Type 2 pistorasiaa
- ) Ethernet vakiona
- ) Liityntä maksujärjestelmään
- ) OCPP 1.5 tai 1.6

Seinäasenteisessa mallissa on latauspisteen etukojeet, vikavirtasuojat ja tarvittavat kalusteet asennettava ryhmäkeskukseen, jolloin ne pitää huomioida tilavarauksena ryhmäkeskusta suunniteltaessa. Maahan asennettavassa mallissa on mahdollista asentaa latauspisteen etukojeet, vikavirtasuojat ja tarvittavat kalusteet kiinteään asennusjalan sisään, jolloin säästetään tilaa ryhmäkeskuksessa, ja keskus voidaan fyysisiltä mitoiltaan mitoittaa pienemmäksi. Parking-mallissa on myös sisäänrakennettu kWh-energianmittaus, jolla sähkönkulutus saadaan mitattua latauspistokekohtaisesti. Parking-mallin kuormanhallinta on toteutettavissa smart WallBox-mallin tapaan joko kiinteästi yhdellä portaalla tai vaihtoehtoisesti dynaamisella kuormanhallinnalla portaattomasti. [30].

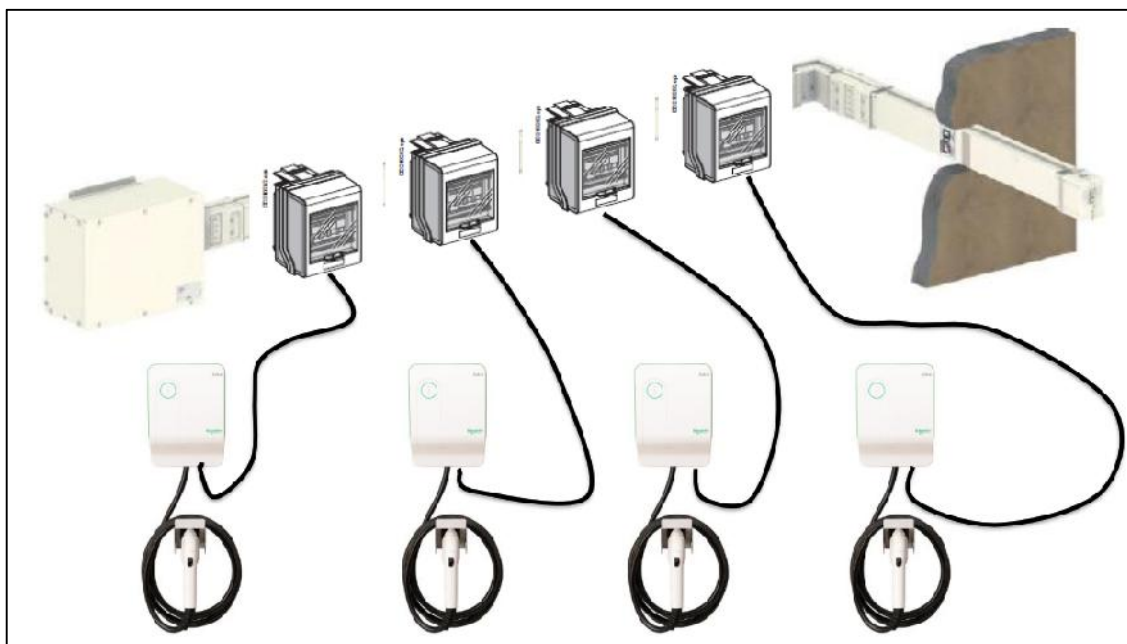
Schneiderin kolmas ja suuritehoisin malli on tehoolataukseen (lataustapa 4) tarkoitettu malli Lafon- Pulse QC 50. Tehoolatausasemaa on saatavilla DC-latausvaihtoehdolla, sekä yhdistelmämallina jossa on molemmat sekä AC- että DC-latausvaihtoehdot. Lataustehot ovat AC-latauksella 43 / 22 kW ja DC-latauksella 50 kW ja latausasemasta löytyvät mallista riippuen pistoketyypit type2 AC-lataukselle sekä CHAdeMO ja CCS combo2 DC-lataukselle. Kuvassa 23 on esitetty Schneiderin tehoolatausasema Lafon- Pulse QC 50 kahdella eri kokoonpanolla. [29].





Kuva 23. Teholatausasema Lafon Pulse QC 50

Latauspisteiden sähkönsyöttöön Schneiderilla on tarjota perinteisen kaapeloinnin rinnalle Canalis-virtakiskojärjestelmä. Kuvassa 24 on kuvattu Canalis-virtakisko, johon on asennettu virroittimet sekä latauspisteet. [29.]



Kuva 24. Canalis-virtakiskojärjestelmä latauspisteiden sähkönsyöttöön [29].

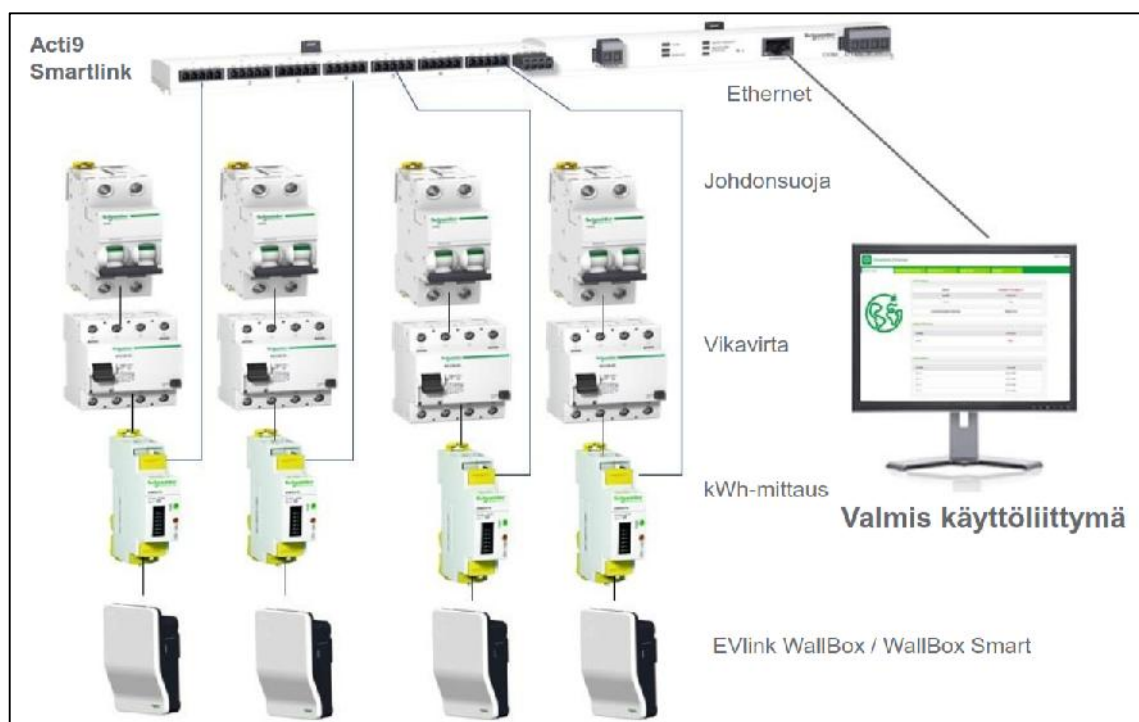
Virtakiskon ideana on, että rakennusvaiheessa varaudutaan sähköautojen latauspisteisiin asentamalla Canalis-virtakisko parkkihallin pysäköintipaikkojen yläpuolelle kattoon kiinnitettynä. Näin ollen kiinteistön pää- tai jakokeskukselta tarvitsee vetää vain yksi syöttökaapeli, joka kytketään virtakiskon päässä olevaan kytkentäpisteeseen. Kun sähköautojen latauspisteille tulee myöhemmin tarvetta, asennetaan virtakiskoon pysäköintipaikan kohdalle virroitinkotelo, jonka sisään asennetaan latauspisteen syöttökaapelia suojaava johdonsuojakatkaisija sekä vikavirtasuoja. Virroitinkotelolta tarvitsee vetää vain lyhyt syöttökaapeli latauspisteelle, jolloin latauspisteen asennusaika lyhenee huomattavasti perinteiseen kaapelointiin nähden. [31].

Canalis KN 100-1000 virtakiskon tekniset tiedot ovat seuraavat [31]:

- ) IP55, IK08, Sprinkler testattu
- ) halogeenivapaa
- ) palonkesto IEC 60332-3
- )  $I_N$ : 100 A, 160 A, 250 A, 400 A, 500 A, 630 A, 800 A, 1000 A
- ) kiskot 1,5 m / 2 m / 3 m / 5 m
- ) Virranottimet max. 400 A
- ) kulma ja T-kappaleita

EVlink Wall Box-, smart WallBox- ja Parking-latauslaitteiden kuormanhallintaan ja energiamittaukseen Schneideriltä löytyy kattavasti vaihtoehtoja. Wall Box- ja smart Wall box mallien energiamittaus on yksinkertaisinta toteuttaa Acti 9 Smartlink-systeemillä ja pulssitoimisella kWh-mittarilla. Smartlink paneeliin voidaan kytkeä myös tilatiedot johdonsuojakatkaisijoista ja vikavirtasuojista, jolloin tietoa järjestelmän tilasta saadaan esimerkiksi huoltoyhtiöille valmiin käyttöliittymän avulla. [30].

Smartlink-paneelissa on seitsemän kanavaa, joihin jokaiseen voidaan kytkeä kaksi kappaletta 24 Vdc sisääntuloja. Smartlink-paneeleja voidaan yhdistää toisiinsa modbus-väylän avulla maksimissaan yhdeksän kappaletta, jolloin yksi paneeleista toimii master-yksikkönä, ja tähän liitetyt kahdeksan paneelia slave-yksikköinä. Smartlink-paneelin kanaviin voidaan molempiin tuoda jännitetieto joko pulssitietona kWh-mittarilta tai pysyvänä kärkitietona johdonsuojakatkaisijalta tai vikavirtasuojalta. Johdonsuojakatkaisijoihin ja vikavirtasuojiin on asennetta potentiaalivapaa tilatiedon apukärki, jonka kautta tilatieto vietään Smartlink paneelin. Kuvassa 25 on esitetty Smartlink-paneelin kytkentäperiaate valmiine käyttöliittymiin. [30.]



Kuva 25. Acti9 Smartlink-paneelin, latauspisteiden sekä kWh-mittareiden kytkentäperiaate [29].

Sähköautojen latauslaitteiden energianhallintaan ja sen integroimiseksi osaksi kiinteistöautomaatiojärjestelmää on Schneiderillä olemassa myös kehittyneempi SpaceLynk EVlink controller. Jos kiinteistöautomaatioon ei voida suoraan liittyä smart WallBox- ja Parking-mallien ModBus väylää käyttäen tai muista rajoitteista johtuen, ratkaisuna on SpaceLynk. SpaceLynk on rajapinta eri kiinteistöautomaation väyläratkaisuille, johon voidaan myös sähköautojen latauslaitteet liittää. SpaceLynk on myös itsenäinen ratkaisu latauslaitteiden dynaamiseen kuormanhallintaan. SpaceLynkin kautta voidaan hallita myös muita kiinteistön kuormia. [29.]



## 6.2 Ensto

Ensto tarjoaa Latauslaitevalikoimassaan komea eri laitevaihtoehtoa. Laitevalikoiman kevyin malli on Chago Wallbox, joka on teholuokaltaan 22kW. Chago Wallbox latauspistettä on saatavilla yhdellä tai kahdella type2-pistorasialla varustettuna. Kuvassa 27 on esitetty Chago Wallbox kahdella type2 pistorasialla sekä asennus lisävarusteena saata-  
vaan teräsjalkaan EVTL 43.00. [32.]



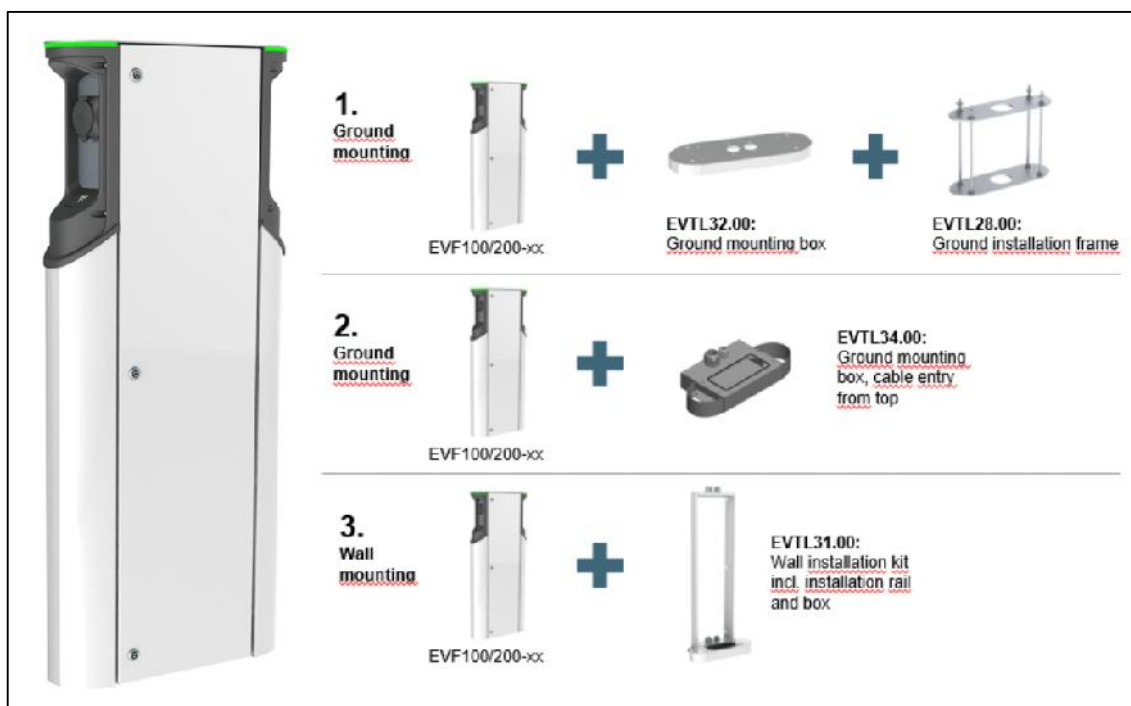
Kuva 27. Ensto Chago Wallbox kahdella type2-pistorasialla sekä asennus lisävarusteena olevaan EVTL 43-teräsjalkaan [32].

Wallbox mallissa on monipuoliset etäohjaus- ja kuormanhallintaominaisuudet, sekä valmius vehicle to grid toiminnalle. Wallbox malli sisältää myös kaltevuusanturin ilkivaltaa ja törmäyksiä varten. Sähköenergian mittausta on toteutettu sisäänrakennetuilla virtamittareilla, jolloin mittauksen tarkkuus ei ole yhtä tarkka kuin kWh-mittarilla toteutettuna. Wallbox mallin toimintatila voidaan valita joko paikalliseksi tai verkon yli etänä ohjattavaksi, käyttäen joko langallista ethernet liityntää, tai vaihtoehtoisesti langatonta 2G/3G tekniikkaa. Ohjausprotokollana toimii OCPP 1.5 tai 1.6

Chago Wallbox mallin tekniset tiedot ovat seuraavat [33]:

- ) teho maks. 22 kW / latauspistorasia
- ) latausvirta määritettävissä alueella 6...32 A
- ) yksi tai kaksi Type2-latauspistorasiaa Mode3-lataukselle
- ) RFID tunnistautuminen vakiona
- ) Kotelointiluokka IP54
- ) Ilkivaltaluokka IK10
- ) Käyttöoikeus: RFID-kortilla, vapaa käyttö, mobiilisovellukset 3-osapuolen operaattoreiden kautta
- ) käyttölämpötila -30° C...+50° C

Enston toinen malli on Chago Pro, jota on saatavilla kahdella eri variaatiolla EVF100 ja EVF200. EVF100-mallissa on yksi type2-latauspistoke, ja EVF200-mallissa on kaksi type2-latauspistoketta. Lisäksi on saatavilla EVF 300-malli, jossa on kaksi type2 latauspistoketta sekä erillinen sähkökaappi, johon voidaan asentaa tarvittavat lisätarvikkeet kuten kWh-energiamittari. Kuvassa 28 on esitetty Chago pro-malli ja tämän eri asennusvariaatiot asennustarvikkeineen.



Kuva 28. Ensto Chago pro-malli asennusvariaatioineen ja lisätarvikkeineen [32, 34].

Chago Pro malliin voidaan asentaa lisävarusteena myös kaksi kappaletta normaaleita 2 x 16 A sukopistorasioita mode2 hidaslataukselle. Mikäli Pro malli tilataan sukopistorasioilla varustettuna, voidaan kerrallaan käyttää vain type2-pistorasiaa mode3 latauksella tai sukopistorasiaa mode2 hidaslatauksella [34]. Energian mittaus Pro-mallissa on toteutettu Wallbox-mallin tapaan virtamuuntajilla, mutta lisävarusteena on saatavilla latauspistekohtainen kWh-mittari. Pro-mallin toimintatila ja ohjaukset voidaan toteuttaa kuten Wallbox-mallissa, jolloin se saadaan toimimaan joko paikallisesti tai etäohjattuna. [34.]

Enston kolmas malli on Chago premium, joka on käytännössä sama malli kuin Chago pro. Eroavaisuutena Pro-malliin on haponkestävästä teräksestä valmistettu ulkokuori sekä lukittava latauspistorasioiden luukku. Lisäksi Premium mallissa on vakiovarusteena sukopistorasiat mode2 hidaslataukselle [34]. Kuvassa 29 on esitetty Chago premium-malli.



Kuva 29. Ensto Chago Premium malli [34].

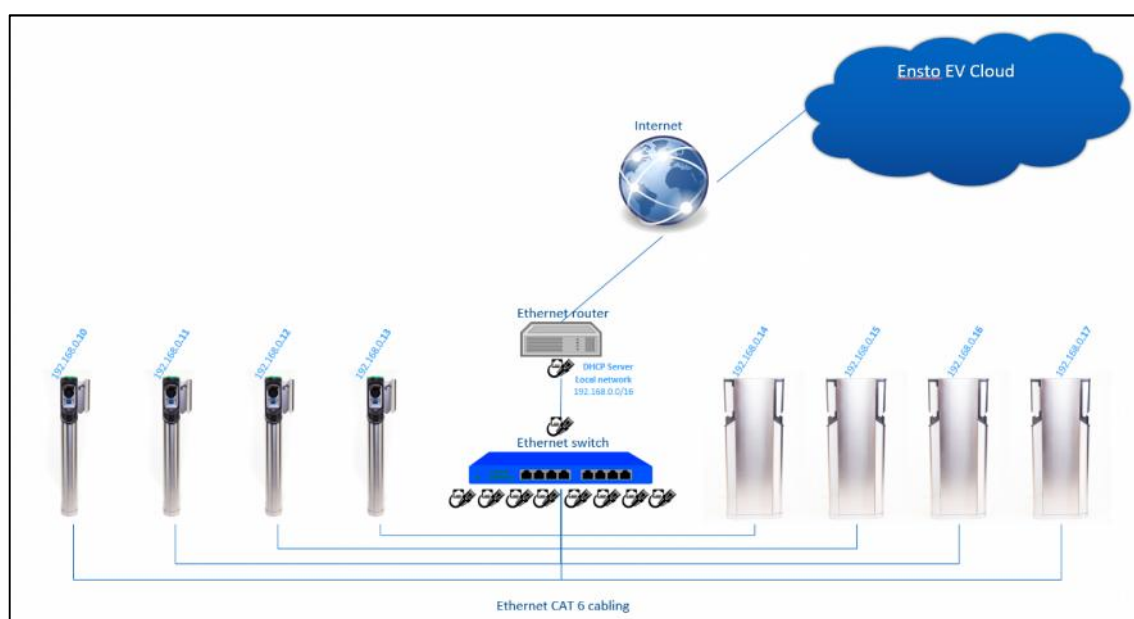
Chago Pro ja Chago premium mallien-tekniisiä tietoja [34]:

- ) teho maks. 22 kW / latauspistorasia
- ) latausvirta määritettävissä alueella 6...32 A
- ) kotelointiluokka IP 54
- ) ilkivaltakuokka IK10
- ) riippuen mallista yksi tai kaksi Type2-latauspistorasiaa Mode3 lataukselle, sekä lisävarusteena mode2 lataukseen sukopistorasiat
- ) Mode3 latauspistokkeen lukittava kansi (vain Premium malleissa)
- ) Liitettävyyys: oletuksena GSM/3G, Ethernet lisävarusteena



Kuormanhallinta Enston latauslaitteilla voidaan tehdä joko kiinteillä virta-arvoilla, tai dynaamisesti master/slave periaatteella. Kuormanhallinnan periaatteena on, että latauslaitteiden ohjainkortit laitetaan kommunikoimaan keskenään Ethernetillä. Yksi laturi määritetään DLM-masteriksi, joka säätelee muiden DLM-slave-laturiden virtoja niin, että DLM-masteriin kiinteästi asetettu virtaraja ei ylitä. Tällöin latauksille voidaan tarjota kaikki sen hetkinen saatavilla oleva kapasiteetti tasaisesti jaettuna. Lisäksi DLM-masteriin voidaan liittää ulkopuolinen virranmittaus (tällä hetkellä S0-pulssitulo, myöhemmin Modbus ja Ethernet), joka tarkkailee esimerkiksi kiinteistön pääkeskuksen virtaa, ja säätelee sen perusteella dynaamisesti latauskentän autojen latausvirtaa pääkeskuksessa jäljellä olevan kapasiteetin mukaan. [35.]

Kuvassa 30 on kuvattu Enston kuormanhallinnan suositeltu toteutustapa, jossa kaikki latauspisteet kaapeloidaan Cat6-kaapelilla Ethernet-kytkimelle, josta tiedot saadaan reitittimen kautta Enston selainpohjaiseen EV Cloud-järjestelmään etäohjausta varten. [36.]



Kuva 30. Enston latauslaitteiden kuormanhallinnan suositeltu toteutustapa sekä kaapelointi [36].

## 7 Latauspisteiden kartoitus ja suunnittelu

Latauspisteiden kartoitus ja suunnittelu kiinteistöön lähtee liikkeelle siitä, että kiinteistöön on syntynyt tarve rakentaa latauspisteitä sähköautoille. Kartoituksen lähtökohtana on selvittää, montako latauspistettä kiinteistöön halutaan rakentaa, ja mikä on latauspisteen keskimääräinen tehontarve käyttäjäprofiilin mukaan. Julkisiin latauspisteisiin on käyttäjäprofiilin määrittäminen hankalaa, sillä lataajia on useampia, ja tehontarpeet vaihtelevat suuresti. Julkiset latauspisteet olisikin hyvä mitoittaa aina kolmivaiheiselle maksimikuormalle esim. 22 kW, jolloin lyhyelläkin latauksella mahdollistetaan akkujen tehokas lataaminen.

Yksityisillä paikoitusalueilla kuten taloyhtiöissä, latauspisteiden asentaminen edellyttää aina lupaa taloyhtiöltä. Taloyhtiöt ovat asunto-osakeyhtiömuotoisia asumismuotoja, jolloin yhdenvertaisuus on päätöksenteon lähtökohtana, kun mietitään latauspisteiden hankintaa ja asentamista. Latauspisteitä suunniteltaessa taloyhtiöihin on mietittävä tarkkaan laitevalintoja sekä näiden huolto ja elinkaarikustannuksia, sillä mikäli latauspisteet hankitaan taloyhtiön varoin, ovat niiden toiminta ja huoltaminen silloin myös taloyhtiön vastuulla. [37; 38.]

Latauspisteisiin investoiminen taloyhtiön varoin edellyttää kuitenkin aina kaikkien osakkeenomistajien yksimielistä päätöstä, sillä asunto-osakeyhtiölain mukaan yhtiövastiketta saa käyttää vain tavanomaisiin uudistuksiin, joihin eivät sähköautojen latauspisteet ainkaan vielä lain edellyttämällä tavalla kuulu. Taloyhtiön hallinnassa oleviin pysäköintipaikoihin voidaan latauspisteiden hankinnat toteuttaa myös vähemmistöosakkaiden hankkeena, jossa autopaikat ovat yhtiön hallinnassa. Tällöin ne osakkaat, jotka haluavat sähköauton latauspisteen omalle pysäköintipaikalleen, vastaavat itse rakentamisesta, huollosta- ja ylläpidosta syntyvistä kustannuksista. Tämänkaltaisen toteutustapa tarvitsee kuitenkin aina 2/3 yhtiökokouksessa edustetuista osakkeista ja annetuista äänistä taakseen, sillä latauspisteiden tekniikkaa tullaan monesti sijoittamaan taloyhtiön yhteisiin tiloihin. Kuvassa 31 on Motivan laatima taulukko, jossa on kuvattu latauspisteiden hankintaan liittyvät kustannukset ja niiden jakaantuminen sekä päätöksenteko asunto-osakeyhtiössä. [38.]

Latauspisteet asunto-osakeyhtiössä				
Hankkeen tyyppi	Päätöksenteko	Esimerkkejä latauspisteiden kustannusjakotavoista		
		RAKENTAMINEN	KORJAUS JA MUU YLLÄPITO	SÄHKÖ
Taloyhtiön hanke (autopaidat yhtiön hallinnassa) • kaikki autopaidat muutetaan latauspisteiksi.	Vaaditaan kaikkien osakkaiden suostumus.	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Taloyhtiön hanke (autopaidat yhtiön hallinnassa) • autopaidoista muutetaan latauspisteiksi enintään sähköjärjestelmän nykyisen kapasiteetin sallima määrä.	Vaaditaan yksinkertainen enemmistö yhtiökokouksessa.	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Osakas- vähemmistön hanke (autopaidat yhtiön hallinnassa).	Vaaditaan vähintään 2/3 enemmistö yhtiökokouksessa edustetuista osakkeista ja annetuista äänistä.	Ne osakkaat, jotka haluavat latauspisteen.	Ne osakkaat, jotka haluavat latauspisteen.	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Osakkaan oma muutoshanke (autopaidat osakas-hallinnassa).	Vaaditaan taloyhtiön lupa.	Osakas.	Osakas.	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).

Kuva 31. Latauspisteet asunto-osakeyhtiössä, kustannuksien jakaantuminen ja päätöksenteko erityyppisissä hankkeissa [38]

Latauspisteiden rakentaminen osakashallinnassa oleviin pysäköintipaikkoihin vaatii aina luvan taloyhtiöltä. Luvan saamisen ehtona pidetään sähköjärjestelmän tehokapasiteetin riittävyyttä sähköauton lataamiseen. Ennen toteutukseen ryhtymistä pitää kuitenkin selvittää, onko yhtiössä muitakin halukkaita rakentamaan latauspistettä pysäköintipaikalleen. Tällöin eteen saattaa tulla ongelma, ettei sähköjärjestelmän tehokapasiteetti riitä, jolloin lupaa ei myönnetä ennen kuin sähköjärjestelmään tehdään parannustöitä lataus-tehon kattamiseksi.

## 7.1 Latauspisteet vanhaan kiinteistöön

Latauspisteitä rakennettaessa vanhaan kiinteistöön, tulee kiinteistön sähköjärjestelmän osalta tehdä perusteellinen kartoitus ennen suunnitteluun ryhtymistä. Kiinteistön kartoituksessa tulee selvittää pysäköintialueen kaapeloinnin toteutus sekä sen riittävyys tehojen kannalta latauspisteiden toteutukselle. Standardin SFS-6000-7-722 mukaan sähköautojen latauspisteitä pitää syöttää TN-S-järjestelmän ryhmäjohtoilla, joissa on nolla sekä suojamaajohdin erikseen. TN-C-järjestelmän ryhmäjohtojen käyttö ei sovellu latauspisteiden sähkönsyöttöön, sillä sähköautojen latauslaitteet käyttävät tehoelektroniikkaa hyödykseen ja muodostavat harmonisia virtayliaaltoja jotka summautuvat aina nolajohdtimeen. Tällöin on mahdollista, että TN-C-järjestelmän ryhmäjohtoissa saattaa suojamaajohdtimeen muodostua jännite. [39.]

Mikäli latauspisteitä on tarkoitus asentaa vain muutama kappale esimerkiksi vanhojen autolämmityspistorasioiden tilalle, saattaa nykyinen kaapelointi olla riittävä tehontarpeen puolesta. Tällöin latauspisteille voidaan asettaa kiinteät virtarajat joita latauslaite ei ylitä lataustapahtuman aikana. Lataukseen käytetty sähkö voidaan yksinkertaisimmillaan laskea langattoman tekniikan avulla, jolloin latauslaitteet yhdistetään GSM/3G-moduulilla pilvipalveluun, josta taloyhtiön huoltoyhtiö tai isännöintitoimisto saa tiedot kulutetusta sähköstä laskutusta varten.

Ongelmana vanhoissa autolämmityspistorasioiden kaapeloinneissa on monesti kuitenkin se, että ne ovat tehty ketjuttamalla pistorasiakotelolta toiselle. Vanhojen autolämmityspistorasioiden kaapelointi on mitoitettu yleensä vain auton lohkolämmittimille, joiden tehot ovat luokkaa 500...800 W, kun taas sähköauton lataus on pienimillään yksivaiheisella latauksella 8 A latausvirralla luokkaa 1,8 kW. Latauspisteiden suurempi tehontarve varsinkin kolmivaihelatauksella on monesti ratkaiseva tekijä kaapeloinnin uusimiselle. Kaapeloinnin uusinta latauspisteille tulee tehdä tähtiverkkona, mikäli latauspisteessä ei ole omaa latauspistorasiakohtaista johdonsuojakatkaisijaa ja vikavirtasuojaa. Tällöin varmistetaan, ettei yhden lataajan aiheuttama vikatilanne katkaise muiden autojen lataamista. Mikäli latauspiste on varustettu latauspistorasiakohtaisella johdonsuojakatkaisijalla ja vikavirtasuojalla, voidaan kaapelointi tehdä myös ketjuttamalla [28]. Syöttökaapelien uusimisen yhteydessä kannattaa latauspisteille kaapeloida myös tiedonsiirtoon ja kuormanhallintaan tarvittavat ohjauskaapelit, jolloin kuormanhallinnan toteutus voidaan tehdä dynaamisesti kiinteistön kuormitusta seuraten.

Kaapeloinnin lisäksi tulee selvittää kiinteistön pääkeskuksen tiedot. Pääkeskuksesta selvittävät tiedot suunnittelua varten ovat:

- ) nimellisvirtakestoisuus  $I_N$  (A)
- ) liittymissulakkeiden koko (pääsulakkeet)
- ) vapaat ryhmä / lähdöt, kappalemäärä ja sulakekoot (1-vaihe/ 3-vaihe)
- ) keskimääräinen kuormitushuippu (verkkoyhtiöltä)
- ) pääkeskuksen etäisyys latauspisteistä

Mikäli vanhaan kiinteistöön asennetaan vain muutama peruslatauspiste (mode3), voidaan näiden sähkönsyötöt toteuttaa nykyistä lämpötolppia syöttävää keskusta hyödyntäen. Tällöin tulee kuitenkin varmistua siitä, ettei keskuksen etusulakkeiden mitoitusvirtaa ylitetä, jos sähköautoja ladataan samaan aikaan moottorinlämmittimien käytön kanssa. Latauspisteiden virranrajoitus voidaan tällaisessa tapauksessa toteuttaa yksinkertaisella kuormanhallinnalla, jossa keskuksen kokonaisvirtaa mitataan kuormanhallintakontaktorilla. Kun kuormanhallintakontaktori havaitsee jonkin vaiheen ylittävän sallitun asetteluarvon, antaa se latausasemalle tiedon ohjauskaapelia pitkin, jolloin lataaminen voidaan joko keskeyttää kokonaan tai säätää latausvirta latauslaitteeseen määritetylle minimitasolle. Tämä kuitenkin edellyttää, että latauslaite sisältää kyseiset ominaisuudet ja liitännät kuormanohjaukselle.

ST-kortin 51.90 mukaan laajemmat sähköautojen lataamiseen tarkoitetut järjestelmät kannattaa erottaa kiinteistön muusta jakelusta omaksi kokonaisuudekseen erilliseen jako/ryhmäkeskukseen. Monesti vanhan kiinteistön olemassa pääkeskus ei ole aikanaan mitoitettu sähköautojen latauspisteiden vaativille lisäkuormituksille laajassa mittakavassa, jolloin edessä on pääkeskuksen vaihto. Latausjärjestelmän tuoma lisätehontarve otetaan huomioon kiinteistön uutta pääkeskusta mitoitettaessa, jolloin myös liittymä ja liittymiskaapelit tulee mitoittaa uuden huipputeholaskelman mukaan. Laajemmissa latausjärjestelmissä on suositeltavaa käyttää kuormanhallintaa, jolloin vältetään liittymän ja ylimitoittamiselta.

Esimerkkinä voidaan pitää ST-kortin 51.90 liitteissä olevaa tapausta, jossa 1970-luvun kerrostalon paikoitusalue halutaan uudistaa sähköajoneuvojen latauksille. Paikoitusalueella on 100 kpl autopaikkoja, joiden lämmityspistorasiat ovat sallittuja vain moottorinlämmittimelle. Kaikki autopaikat halutaan muuttaa sähköautojen latauspisteiksi, jolloin kiinteistön sähköjärjestelmän riittävyys pitää selvittää ja kartoittaa samalla paikoitusalueen kaapelointi.

Kiinteistön paikoitusaluetta syöttävän nykyisen kiinteistökeskuksen tiedot ovat seuraavat:

- ) mitoitusvirta  $3 \times 125 \text{ A}$  (83 kW)
- ) 25 A 3-vaihelähtöjä 20 kpl, 5 autopaikkaa yhden lähdön takana (ei varasulakkeita)
- ) nykyinen huippukuormitus arvioitu  $60 \text{ kW} = 86,6 \text{ A}$
- ) kaapelointi lämmityspistorasioille toteutettu  $6 \text{ mm}^2$  kaapelilla

Kiinteistöä syöttävän pääkeskuksen tiedot:

- ) liittymissulakkeet  $3 \times 400 \text{ A}$  (ei kasvatettavissa ilman syöttökaapeleiden vaihtoa)
- ) mitoitusvirta  $3 \times 400 \text{ A}$
- ) keskimääräinen kulutushuippu  $3 \times 280 \text{ A}$  (tieto saatu verkkoyhtiöltä)
- ) suurin kulutushuippu jouluna  $3 \times 330 \text{ A}$  (tieto saatu verkkoyhtiöltä)

Sähköautojen lataamiseen mitoitustehoksi on laskettu  $2 \text{ kW}$  per autopaikka, jolloin autoja voidaan ladata vain 1-vaiheisella latauksella. Kokonaistehoksi latauksille tulee  $200 \text{ kW}$  ( $3 \times 290 \text{ A}$ ), jolloin nykyisen kiinteistökeskuksen mitoitus-teho  $3 \times 125 \text{ A}$  on riittämätön. Kiinteistökeskuksen ja samalla koko kiinteistön pääkeskuksen lisääntynyt huipputehontarve nykyiseen nähden on  $3 \times (290 \text{ A} - 86,6 \text{ A}) = \sim 210 \text{ A}$ . Pääkeskuksen tehoreservi nykyisellä kulutushuipulla jouluna on  $70 \text{ A}$ , jolloin myös pääkeskuksen mitoitus-teho sekä nykyinen liittymä ovat riittämättömiä.

Uusien laskelmien ja tarkastelun pohjalta pitää siis uusia liittymä liittymiskaapeleineen sekä pääkeskus ja kiinteistökeskus. Uusien laskelmien mukaan liittymän huipputehon tarve on nykyinen kulutushuippu 330 A, johon lisätään sähköautojen lataustarpeesta syntyvä lisätehontarve 210 A, jolloin uudeksi huipputeholukemaksi saadaan 540 A. Tällöin liittymä uusitaan 3 x 600 A liittymäksi ja uusi pääkeskus mitoitetaan 3 x 630 A nimellisvirralle. Kiinteistökeskusta mitoitettaessa tulee ottaa huomioon uuden liittymän tuoma tehoreservi sähköautojen latauksille, jonka mukaan keskus tulee mitoittaa. Uuden Kiinteistökeskuksen laskennassa otetaan huomioon seuraavat seikat:

- J Uusitun liittymän teho 3 x 600 A
- J kiinteistön vanha kulutushuippu 3 x 330, josta vähennetään vanhan kiinteistökeskuksen laskennallinen huipputeho 3 x 86,6 A
- J Tehoreservi sähköautojen latauksille on  $3 \times (600 \text{ A} - (330 \text{ A} - 86,6 \text{ A})) = 355 \text{ A}$

Sähköautojen latauksille jää liittymästä uusien laskelmien mukaan tehoreserviä ~ 350 A, jolloin uusi kiinteistökeskus sekä tämän syöttökaapeli mitoitetaan nimellisvirraltaan 3 x 400 A kestoiseksi. Uusi 3 x 350 A kokonaislatausteho mahdollistaa suuremman latauspistekohtaisen lataustehon kuin mitä alkuperäinen laskelma 2 kW / latauspiste.

Uuteen kiinteistökeskukseen varataan latauspistekohtaiset lähdöt 3 x 25 A ylivirtasuojalla sekä tilavaraukset latauspistekohtaisille vikavirtasuojille. Latauspisteet kaapeloidaan TN-S-järjestelmän 5-johtimisilla syöttökaapeleilla sekä kuormanhallinnan ohjauskaapeleilla. Latauspisteiden syöttökaapeleiden virrankestoisuus tulee mitoittaa etusulakkeen koon (25 A) mukaan. Latauspisteiden latausvirrat rajoitetaan ohjelmoinnin yhteydessä 20 A, jolloin vältetään syöttökaapeleiden ylivirtasuojien laukeamisilta. Latausasemat yhdistetään ohjauskaapeleilla älykkääseen kuormanhallintajärjestelmään, joka valvoo kokonaislatausteholle asetettua virta-arvoa sekä kiinteistön reaaliaikaista kulutusta. Reaaliaikaisella valvonnalla varmistetaan, etteivät sähköautojen lataukset aiheuta kiinteistökeskuksen etusulakkeiden laukeamista, tai mahdollisesti pääkeskuksen liittymislakkeiden laukeamista. Kuormanhallinta siis jakaa tehoa tasaisesti latauspisteille kiinteistön tehoreservin mukaan, ja tarvittaessa rajoittaa latausvirtaa tai keskeyttää lataukset kokonaan riippuen toteutustavasta ja latauslaitteiden ominaisuuksista.

## 7.2 Uudiskohteen suunnittelu ja toteutustavat

Uudiskohteen latauspisteiden suunnittelu ja toteutus, on huomattavasti helpompaa ja kustannustehokkaampaa verrattuna saneerattavien vanhoihin kiinteistöihin. Uudiskohteen latauspisteitä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon mahdolliset vähimmäisvaatimukset, jotka voivat olla kirjattuna tontinluovutusehtoihin. Tällöin rakennuttaja sitoutetaan rakentamaan tontinluovutusehtojen mukaiset latauspisteet järjestelmineen ja varauksineen. Esimerkkinä on Helsingin Kalasatama, jossa tontinluovutusehtoihin kirjatut vaatimukset sähköautoille on kuvattu kuvassa 32. [40.]

<b>Kalasataman tontinluovutusehdot – sähköautojen lataus 14.12.2010</b>	
<b>4.1</b>	Tonttien autopaikoista on rakennettava vähintään 1/3 sähköautopaikoiksi, joissa mahdollista ladata sähköautoa.
<b>4.2</b>	Jokaisella sähköautopaikalla on käytettävissä oma 3 x 16 A sähköliityntä.
<b>4.3</b>	Sähköautopaikan kaapelointi ja pistorasia tulee mitoittaa vähintään 16 A jatkuvalle kuormalle. Toteutuksessa on noudatettava viimeisintä SESKO SK69 -suositusta.
<b>4.4</b>	Ajoneuvopysäköintiä syöttävä sähköverkko on mitoitettava huomioon ottaen autopaikoilla tapahtuva sähköautojen lataus tai alue on putkitettava vähintään niin, että tarvittavat (kohdan 4.2. mukaisesti mitoitettut) lisäsyöttökaapelit voidaan helposti myöhemmin asentaa. Toteutuksessa on noudatettava viimeisintä SESKO SK69 -suositusta.
<b>4.5</b>	Jotta loputkin autopaikoista voidaan tarpeen mukaan myöhemmin helposti saattaa sähköautopaikoiksi, ne tulee toteuttaa valmiiksi putkitettuina käyttäen korroosion kestäviä ja riittävän isoja kaapelien asennusputkia ottaen huomioon sekä sähkön- (kohdat 4.2 ja 4.3) että tiedonsiirron kaapelointitarpeet. Sähkötiloihin tulee varata riittävä tila tarvittaville keskuslaajennuksille.
<b>4.6</b>	Autopaikan sähköliitynnästä tulee mitata tuntiresoluutiolla sähköenergia.
<b>4.7</b>	Autopaikan sähköliitynnästä tulee mitata hetkellisteho (tai sitä korvaava esim. 1 minuutin tai sitä lyhyemmän ajanjakson keskiteho).
<b>4.8</b>	SUOSITUS Jos sähköauton latauspaikka on yhteiskäytössä, mittaus ja tunnistautuminen tulee tehdä lataustapahtumakohtaisesti.

Kuva 32. Helsingin kalasataman tontinluovutusehdot sähköautopaikkojen vähimmäisvaatimuksille [40].



Uudiskohteen suunnittelussa tulisi kiinteistön sähköverkko suunnitella ja mitoittaa siten, että tulevaisuudessa sähköautojen latauspisteiden lisääminen olisi yksinkertaista ja helppoa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kiinteistön pääkeskus sekä liittymä pitää mitoittaa kestämaan sähköautojen latauksesta syntyvä lisäkuormitus tulevaisuudessa, mikäli latauspisteitä ei rakentamishetkellä päätetä toteuttaa. Kiinteistön paikoitusalueella latauspisteisiin varautuminen on helpointa toteuttaa putkittamalla jokainen pysäköinti-paikka omalla korroosionkestävällä suojaputkella. Suojaputken koko tulisi olla kooltaan sen mukainen, että siihen voidaan myöhemmin asentaa suurempi syöttökaapeli, sekä mahdollisesti tarvittavat ohjauskaapelit. Kiinteistön sähköpääkeskustiloihin tulisi tehdä suunnitteluvaiheessa tilavaraukset latausjärjestelmälle, joka on suositeltavaa sijoittaa omaan ryhmäkeskukseen, erilleen kiinteistön muista kuormista.

Latausjärjestelmän ryhmäkeskusta suunniteltaessa tulisi huomioida latauspisteiden lukumäärä, sillä jokainen latauspiste on suositeltavaa asentaa oman ylivirtasuojan ja vikavirtasuojan taakse. Tällöin varmistutaan, että ryhmäkeskuksessa on riittävät tilavaraukset latausjärjestelmän toteuttamiselle, laitevalmistajasta riippumatta. Ryhmäkeskuksen mitoitusvirta tulisi mitoittaa latausasemien minimilatausvirran mukaisesti, joka on yleisesti laitevalmistajilla 3-vaihelatauksella 3 x 6 A (4 kW) mode3-lataustavalla toteutettuna. Jos esimerkiksi uudissuunnittelun kohteena oleva kerrostalon pysäköintialueella on 30 autopaikkaa, joihin jokaiseen on tulevaisuudessa tarkoitus asentaa sähköauton latauslaite, tulee latausasemien minimikokonaiskuormaksi 3 x 180 A latausasemakohtaisella 3 x 6 A minimilatausvirralla.

Tällöin ryhmäkeskuksen ja sitä syöttävän kaapelin nimellismoitusvirraksi voidaan tässä tapauksessa määrittää 3 x 250 A. Ryhmäkeskukseen suunnitellaan 30kpl 3 x 20 A gG tulppasulakelähtöjä, sekä tilavaraukset B-typin 3-vaiheisille vikavirtasuojille 30kpl. Näiden lisäksi keskukseen jätetään tilavaraus älykkään kuormanhallinnan laitteille. Latauslaitteet on määritelty teholtaan 3 x 16 A(11 kW) laitteiksi, jonka vuoksi latauslaitetta syöttävän kaapelin ylivirtasuojaksi on valittu seuraava suurempi gG tulppasulakekoko 3 x 20 A. Tällöin myös latauslaitetta syöttävän ryhmäjohtoon tulee olla virrankestoisuudeltaan tähän soveltuva, esim. MCMK 4 x 10 + 10.

Liittymää mitoitettaessa tulisi sähköautojen latauksiin varautua riittävän monella rinnakkaisella liittymiskaapelilla, mikäli liittymisvaiheessa ei sähköautojen lataukselle ole vielä tarvetta. Tällöin tulevaisuudessa liittymän ja liittymissulakekoon muuttaminen suurempaan hoituu helposti ja nopeasti. Jos esimerkiksi Helsingissä sijaitsevan kiinteistön liittymätehoksi on saatu huipputeholaskelmien perusteella 3 x 400 A liittymä, mutta tulevaisuudessa sähköautojen latauksille tulee varata 3 x 350 A lisätehoa, voidaan liittymä kaapeloida neljällä AXMK 4 x 185 S kaapelilla. Tällöin liittymä on Helen Oy:n taulukon mukaan korotettavissa nykyisestä 400 A liittymästä suoraan 800 A liittymäksi pelkillä pääsulakkeiden vaihdoilla, ja liittymäsopimuksen uusimisella. Kuvassa 33 on Helen Oy:n taulukko, jossa on kuvattu liittymien teknisiä tietoja. Taulukossa on kerrottu liittymän nimellinen siirtokyky (kVA) ja sitä vastaavat pääsulakekoot, sekä liittymisjohtojen tarvittava määrä ja poikkipinta-ala. [41.]

<b>Liittymän tekniset tiedot</b>			
Pääsulake (A)	Nimellinen siirtokyky (kVA)	Liittymisjohto- laji/-koko AXMK/mm <sup>2</sup>	Varokealusta/ kotelon as.tila/ ulkop. as.tila)
1 x 16	3,6	4 x 16 S	***
3 x 25	17	4 x 35 S	Tulppa (00) / 100 / 700
3 x 35	24	4 x 35 S	
3 x 50	34	4 x 35 S	
3 x 63	43	4 x 35 S	(00) / 200 / 700
3 x 80	55	4 x 70 S	
3 x 100	69	4 x 70 S	
3 x 125	86	4 x 70 S	
3 x 160	110	4 x 185 S	2 (1) / 300 / 900 (700)
3 x 200	138	4 x 185 S	
2 (3 x 125)	173	2 (4 x 185 S)	
2 (3 x 160)	220	2 (4 x 185 S)	
2 (3 x 200)	276	2 (4 x 185 S)	
3 (3 x 160)	330	3 (4 x 185 S)	
3 (3 x 200)	414	3 (4 x 185 S)	
4 (3 x 200)	552	4 (4 x 185 S)	
5 (3 x 200)	690	5 (4 x 185 S)	
Keskijännite- liittymä (10/20) kV		AHXAMK-W 3 x 240Al+70 Cu	

Varokekoot: 00 = 125 A, 1 = 250 A, 2 = 400 A

\*\*\* Liittymispisteessä tulee olla liittymiskaapelin ketjutusmahdollisuus.

Kuva 33. Helen Oy:n liittymien teknisiä tietoja [41].

## 8 Esimerkkikohde

Esimerkkikohteena on Suomen Talokeskuksen suunnittelema 250-paikkainen pysäköintitalo. Pysäköintitalon 250 paikasta 60 paikkaa on varattu sähköautojen latauspaikoiksi, joista 20 tullaan kaapeloimaan rakennusvaiheessa siten, että latauspisteen voi asentaa jälkikäteen asiakkaan toiveesta helposti ilman ylimääräistä kaapelointia. Pysäköintitalon latauspisteiden suunnittelu toteutetaan yhteistyössä Parkkisähkö Oy:n kanssa, joka tarjoaa latauspalveluita ja latauslaitteita omalla palvelukonseptillaan, jossa asiakas maksaa tietyn kuukausimaksun latauslaitteesta ja lataukseen kulutetun sähkön kulutuksen mukaan.

### 8.1 Liittymän ja keskusten mitoitus

Pysäköintitalon liittymän huipputehon määrittelyyn käytettiin ST-kortin 13.31 laskentakaavaa, joka perustuu kokemuseräiseen tietoon. Liittymän huipputehon laskentaan otettiin mukaan valaistus, autolämmityspistorasiat ja sähköautojen latauspisteet. Autolämmityspistorasioiden huipputehon määrittelyyn käytettiin ST-kortin 13.31 taulukkoa, jossa on esitetty paikoitusalueiden autolämmityspaikkojen huipputehon laskentakaava. Kuvassa 34 on esitetty edellä mainittu taulukko, jossa toiseksi alimmalla rivillä on esitetty autolämmityspaikkojen laskentakaava. [42.]

Asuinrakennukset	Huipputeho <sup>(1)</sup> [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		$A$ on kerrosala [m <sup>2</sup> ]
– ilman kiukaita	$P_h = B + 17 A / 1000$ ( $B = 65$ kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m <sup>2</sup> . Pienemmissä taloissa $B$ korvataan arvolla $B_s = (A_{ker}/2500) \times B \geq 30$ .
– huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 A / 1000$ ( $B = 90$ kW)	
Pienet rivitalot <sup>(2)</sup>		$A$ on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 A / 1000$	
– suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 A / 1000$	– käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>(3)</sup>	$P_h = 30 + 49 A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		$A$ on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 A / 1000$	
– suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 A / 1000$	– käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>(3)</sup>	$P_h = 7,5 + 49 A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 + 0,5 n_{auto}$ ( $n_{auto}$ = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä)		
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin $\cos \varphi$ . Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida $\cos \varphi = 0,96$ .		

Kuva 34. ST-kortin 13.31 Taulukko 1. Kokemuseräiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi [42].

Pysäköintitalon valaistuksen kokonaiskuormaksi laskettiin 10kW, ja sähköautojen latauspisteiden kokonaiskuormaksi 220kW. Autolämmityspaikkojen kokonaiskuormaksi saatiin ST-kortin 13.31 laskentakaavalla 105kW. Valaistuksen samanaikaisuuskerroin huipputehoa laskettaessa on 0,5 kun taas latauspisteiden sekä autolämmityspaikkojen samanaikaisuuskertoimena käytetään lukua 1. Taulukossa 3 on esitetty liittymän huipputehon laskentaan vaikuttavat kuormat ja niiden yhteenlaskettu kokonaisteho, jonka perusteella liittymän huipputeho ja pääsulakekoko valittiin.

Taulukko 3. Liittymän huipputehon laskentaan vaikuttavat kuormat ja kokonaisteho.

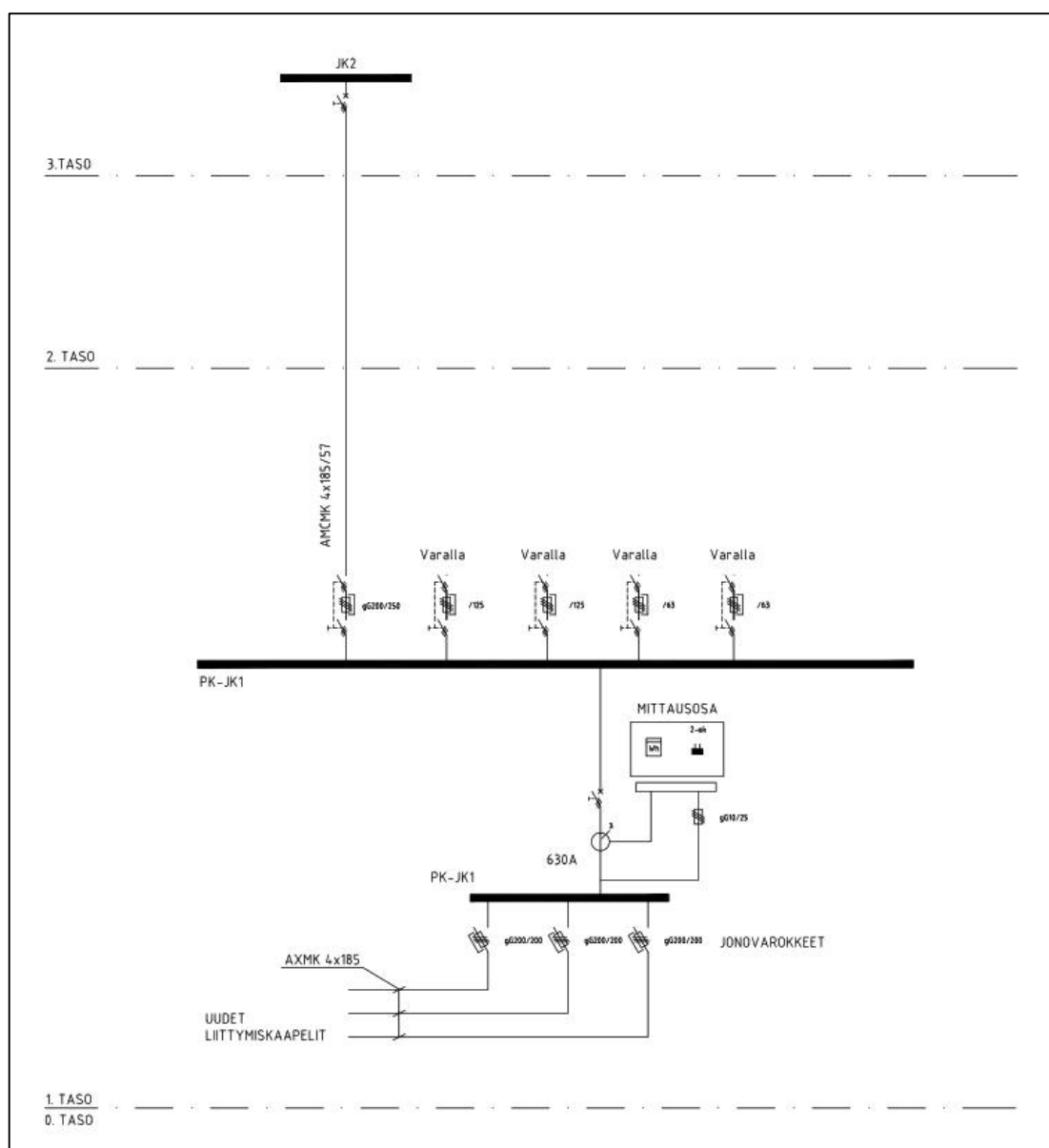
Kuorma	Mitoitusteho $P_N$ [kW]	Cos $\varphi$	Mitoitusteho $S_N$ [kVA]	Kuormavirta, [A]
Autolämmityspaikat (230 kpl)	125	0,96	130	188
Sähköautojen latauspaikat (20 kpl)	220	0,96	230	331
Valaistus	5	0,96	5,2	7,5
Yhteenlaskettu kokonaiskuorma	350	0,96	365,2	527

Taulukon 3 perusteella liittymän yhteenlaskettu näennäismitoitusteho  $S_N$  on 365,2kVA ja kokonaiskuormitusvirta tällöin 527 A. Liittymäksi valittiin 3 x 600 A liittymä, ja Pääkeskuksen PK-JK1 nimellisvirtakestoisuudeksi määriteltiin standardikoko 630 A. Liittymäkaapeleiksi 3x600A liittymälle määriteltiin verkkoyhtiön ohjeen mukaisesti 3x (AXMK 4x185 S). Kuvassa 35 on esitetty pääkeskuksen PK-JK1 pääkaavio liittymiskaapeleiden osalta.



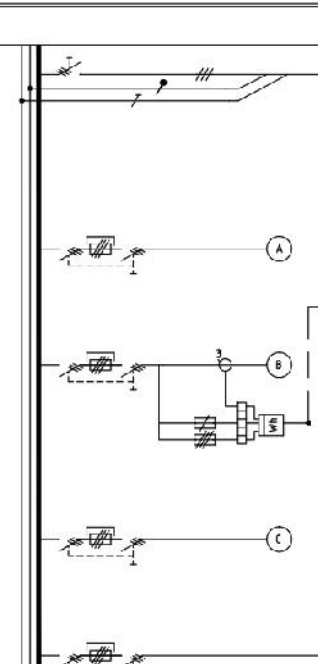
Kuva 35. Pääkeskuksen PK-JK1 pääkaavio.

Pysäköintitalon sähköjakelujärjestelmässä on kaksi kuormitusta syöttävää keskusta, jotka sijaitsevat ensimmäisessä ja kolmannessa pysäköintitasossa. Ensimmäisessä pysäköintitasossa sijaitsee pysäköintitalon pääkeskus ja jakokeskus PK-JK1 ja kolmannessa jakokeskus JK2. Kuvassa 36 on esitetty pysäköintitalon nousujohtokaavio, jossa on kuvattu pysäköintitalon liittymiskaapelit sekä pää- ja jakokeskusten väliset syöttökaapelit.



Kuva 36. Pysäköintitalon nousujohtokaavio.

Jakokeskuksiin PK-JK1 ja JK2 suunniteltiin 8 kpl 3x63A tulppavarokelähtöjä sähköautojen latauspisteitä varten, jotka on erotettu pääjakelusta omalle kiskostolleen. Molemissa jakokeskuksissa kiskoston etukojeena toimii kytkinvarokekoje 3 x 160 A kahvasulakkeilla varustettuna. Kiskosto on varustettu kWh-energiamittauksella, josta latauspisteiden kokonaiskulutustiedot viedään kiinteistön automaatiojärjestelmään modbus väylän avulla. Molempiin jakokeskuksiin suunniteltiin kahdeksan 3 x 63 A tulppavarokelähtöjä. Kuvassa 37 on osa jakokeskuksen JK2 pääkaaviosta, jossa sähköautojen latauspisteitä syöttävän kiskoston kytkinvaroke ja kWh-mittari on esitetty.

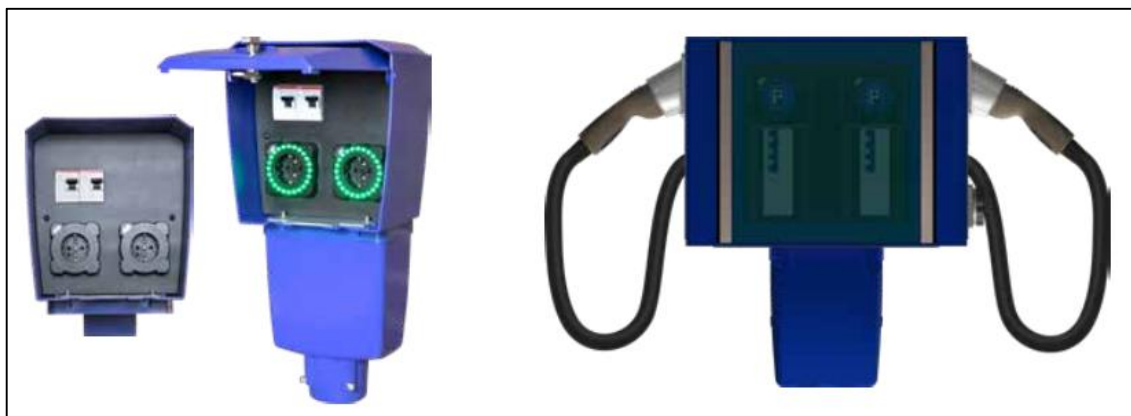
	Nro	Nimitys	Suoja A / A	Kaapeli	Teho kW	In A	HUOM
		PÄÄKYTKIN 3x250A		AMCMK 4x185/57			
		AUTOLÄMMITYSPISTORASIAT	125/00				
		MODBUS					
		SAHKOAUTOT	160/0				
		Energian mittaus Esim. ENTES EPR-04S-96 energiamittaus-tieto VAK modbus	2/25 2/25				
		VALAISTUS JA PISTORASIAT	63/000				
		VARALLA	7000				

Kuva 37. Jakokeskuksen JK2 pääkaavio

## 8.2 Latauspisteiden kaapelointi ja asennus

Latauspisteiden kaapelointi tehtiin ketjuttamalla siten, että yhden jakokeskukselta lähtevän syötön taakse saatiin neljä 11 kW (3 x 16 A) latauslaitetta type2-pistokkeella. Syöttökaapelin ylivirtasuojaksi määritettiin 3 x 63 A tulppavarokkeet, ja kaapelityypiksi virrankestoltaan tähän soveltuva MMJ 5 x 16 S. Parkkisähkö Oy:n latausasemissa on kaikissa oma johdonsuoja-automaatti, sekä vikavirtasuojakytkin, jolloin jakokeskuksen päähän ei kyseisiä suojalaitteita tarvinnut asentaa. Alkuvaiheessa kaapelointi suunniteltiin vain 20 sähköauton latauspisteelle, joista jakokeskus PK-JK1 syöttää kymmentä latauspistettä pysäköintitasolla 1, ja toista kymmenen pisteen latauspisteryhmää jakokeskus JK2 pysäköintitasolla 3. Kaikkiin 20 latauspisteeseen tullaan asentaman Parkkisähkön seinäasenteinen pikaliitinpohja. Latauslaitteiden pikaliitinpohjiin asennetaan alkuvaiheessa autonlämmitykseen tarkoitetut pistorasiakotelot, jotka voidaan kätevästi vaihtaa sähköauton latausasemiksi tarpeen vaatiessa.

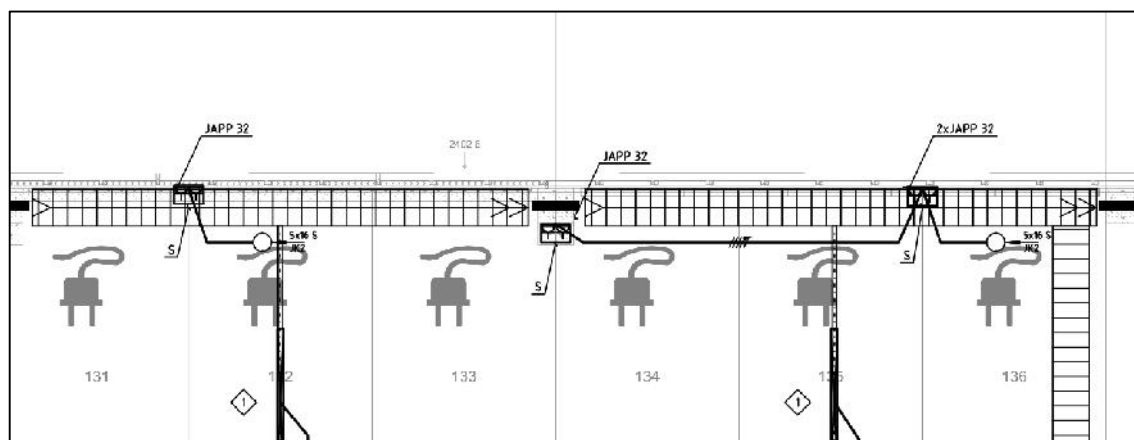
Kuvassa 38 on vasemmalla esitetty Parkkisähkön pikaliitinpohja, johon on kytketty autonlämmityspistorasiakotelo, ja oikealla tyypin2 pistokkeilla oleva mode3 lataustavan latausasema kytkettynä samaan pikaliitinpohjaan.



Kuva 38. Parkkisähkö Oy:n pikaliitinpohja asennettuna autonlämmityspistorasioidella sekä varsinaisella sähköauton latauslaitteella.

Loput 40 autopaikkaa jotka ovat varauksena sähköautojen latauspaikoiksi, kaapeloidaan aluksi vain autonlämmityspaikoiksi ilman pikaliitinpohjia. Näiden 40 paikan kaapelointi on suunniteltu siten, että syötöt otetaan sähköautojen latauspisteitä varten varatuista 3x63A lähdöistä. Kaapelointi toteutetaan ketjuttamalla kuusi 2-paikkaista lämmityspistorasiakotelo MMJ 5x16S kaapelilla. Näin ollen, jos tulevaisuudessa sähköautojen latauspisteille

tulee tarvetta alkuperäisten 20 lisäksi, tarvitsee lisäkaapelointia vetää vain joka kolmannelle pistorasiakotelolle, jolloin päästään neljän latausaseman ryhmiin 3x63A sulakkeella. Kuvassa 37 on esitetty latauspisteiden johdotusta tasopiirustuksessa.



Kuva 39. Latauspisteiden johdotus tasopiirustuksessa.

### 8.3 Latauslaitteiden kuormanhallinta

Parkkisähkö Oy:n latauslaitteet on varustettu langattomalla tiedonsiirrolla, jonka avulla latauslaitteet saadaan kommunikoimaan keskenään. Latausasemat ryhmitellään ohjelmallisesti kahteen ryhmään, joista toista syöttää jakokeskus PK-JK1 ja toista jakokeskus JK2. Latauslaiteryhmälle asetetaan kokonaisvirta-arvo, joka määräytyy latauspisteitä syöttävän kiskoston ylivirtasuojan mukaan, joka tässä tapauksessa on maksimissaan 3 x 160 A. Latauslaitteiden kuormanhallinta valvoo latauslaiteryhmän kokonaisvirta-arvoa ja pitää sen sallitun raja-arvon sisällä, säätämällä latauslaitteiden latausvirtaa dynaamisesti kulloisenkin tilanteen mukaan.

Mikäli tulevaisuudessa kaikki 60 sähköauton latauspistettä tullaan rakentamaan, tarkoittaa se kokonaisuudessaan kahta 30 latauslaitteen ryhmää. Tällöin jos latauslaiteryhmän kokonaisvirta-arvo asetetaan esimerkiksi 3 x 150 A suuruiseksi, joudutaan latauslaiteryhmän yhtäaikaisessa 30 auton latauksessa latausvirta pudottamaan kuormanhallinnan avulla 3 x 5A latauslaitetta kohden. Tällöin vaarana saattaa olla se, että osa sähköautoista ei suostu lataamaan kolmivaihelatauksessa tyypin 2-pistokkeella alle 3 x 6A latausvirralla, jolloin ne irtautuvat latauksesta. Tämänkaltaisen tilanne, jossa kaikki latauslaitteet ovat yhtä aikaa käytössä, on kuitenkin hyvin harvinainen ja epätodennäköinen.



## 9 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää sähköautojen latauspisteiden ja latausasemien suunniteluun ja kartoitukseen liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia Suomen Talokeskukseen. Työssä käytiin läpi sähköautojen yleistymiseen vaikuttavia tekijöitä, jotka luonnollisesti luovat tarpeen suunnitella sähköautojen latauspisteitä erilaisiin kiinteistöihin. Työssä huomattiin, että sähköautojen lataaminen ja latauspisteiden määrä, on Suomessa vielä hyvinkin vähäistä, johtuen sähköajoneuvojen pienestä määrästä ajoneuvokannassa. Latausverkostoa ollaan Suomessa ja muissa EU-maissa kovaa vauhtia kehittämässä, jotta sähköajoneuvojen myyntiä saataisiin edistettyä. Tulevaisuudessa pääosa sähköautojen latauksista on tarkoitus tehdä kotona, jossa auto on pidemmän ajan pysähdyksissä.

Tämä tuo mukanaan haasteen, jossa latauslaitteita olisi pystyttävä asentamaan nykyisiin olemassa oleviin kiinteistöihin ilman suuria remontteja. Olemassa oleviin kiinteistöihin kaavailluissa laajempien latauspistekokonaisuuksien toteutuksissa tulee vastaan monesti kuitenkin asia, että kiinteistöjen sähköjärjestelmien tehokapasiteetti on riittämätön latauspisteiden toteutuksille. Tällöin kiinteistön sähköjärjestelmä on väistämättä saneerattava, jolloin maksajaksi saattavat joutua myös ne osakkaat jotka eivät autoa omistaisikaan. Uudistuotannon kohdalla sähköauton turvalliseen lataamiseen on pyritty vaikuttamaan standardeilla, ohjeilla ja direktiiveillä jo heti rakentamisvaiheessa.

Sähköautoilu ja sähköautojen määrä tulee selvästi kasvamaan tulevaisuudessa, jolloin latauspisteiden suunnittelulle ja laitteiden hankinnalle tulee olemaan kysyntää kasvavassa määrin. Latauspisteiden suunnittelussa on tärkeää, että suunnittelija tietää ja tunnistaa latauslaitteita ja latausjärjestelmiä koskevat määräykset ja tekniset vaatimukset, jolloin suunnittelun lopputuloksena saadaan turvallinen ja toimiva järjestelmä. Latauslaitteet ja niitä ohjaavat järjestelmät tulevat varmasti kehittymään tulevaisuudessa, jolloin myös latauslaitteita koskevia määräyksiä ja standardeja tullaan hyvin todennäköisesti muuttamaan. Sähkösuunnittelun kannalta tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelijan tulee perehtyä aina voimassaoleviin määräyksiin ja standardeihin, ennen suunnittelun aloittamista.

Opinnäytetyön tuloksina saatiin aikaiseksi kattava paketti sähköautojen latauspisteiden suunnittelusta ja kartoittamisesta Suomen Talokeskukselle. Keskeisimpiä asioita tuloksien kannalta olivat latauslaitteiden tehontarpeet sekä kaapeloinnin ja kuormanhallinnan toteutustavat. Työtä tehdessäni huomasin, että latauspisteiden suunnittelussa, ja varsinkin latauslaitteita valittaessa, tulee perehtyä tarkasti laitteiden teknisiin yksityiskohtiin, jotta latausjärjestelmä saadaan toteutetuksi asiakkaan toiveiden mukaisesti. Työn tekeminen oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen prosessi, jonka aikana sain kasvatettua henkilökohtaista ammattitaitoa ja tietämystä sähköautojen latauspisteiden suunnittelusta.

## Lähteet

- 1 Sähköautoilun kohtalonhetki? 2017. Verkkoaineisto. Trafi.  
<[https://www.trafi.fi/trafitalks/artikkelit/16/sahkoauton\\_kohtalonhetki/54](https://www.trafi.fi/trafitalks/artikkelit/16/sahkoauton_kohtalonhetki/54)>  
21.2.2017 Luettu 14.1.2018.
- 2 Näin paljon sähköauto tarvitsee kilometrejä mittariin ennen kuin se on dieseliä puhtaampi. 2017. Verkkoaineisto. Kauppalehti. <<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/nain-paljon-sahkoauto-tarvitsee-kilometreja-mittariin-ennen-kuin-se-on-dieselia-puhtaampi/xcARb9tV>> 10.6.2017 Luettu 14.1.2018.
- 3 Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko. 2017. Suomen kansallinen ohjelma. Verkkoaineisto. Liikenne -ja viestintäministeriö. <<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79530/Raportit%20ja%20selvitykset%204-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> 23.9.2017 Luettu 18.1.2018.
- 4 Liikennekäytössä olevat sähköautot. 2017. Verkkoaineisto. Trafi.  
<[https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokannan\\_kayttovoimatilastot/sahkokayttoiset\\_autot](https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokannan_kayttovoimatilastot/sahkokayttoiset_autot)> 31.12.2017 Luettu 18.1.2018
- 5 Energian kokonaiskulutus laski vuonna 2007. 2008. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <[http://tilastokeskus.fi/til/ekul/2007/ekul\\_2007\\_2008-12-12\\_tie\\_001.html](http://tilastokeskus.fi/til/ekul/2007/ekul_2007_2008-12-12_tie_001.html)>  
Päivitetty 12.12.2008 Luettu 18.1.2018.
- 6 Energiavuosi 2016 sähkö. 2017. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry.  
<[https://energia.fi/files/1407/Energiavuosi\\_2016\\_-\\_Sahko.ppt](https://energia.fi/files/1407/Energiavuosi_2016_-_Sahko.ppt)> 23.1.2017 Luettu 18.1.2018.
- 7 Infinite Mile Warranty. 2018. Verkkoaineisto. Tesla.  
<[https://www.tesla.com/fi\\_FI/blog/infinite-mile-warranty](https://www.tesla.com/fi_FI/blog/infinite-mile-warranty)> 15.8.2018 Luettu 20.1.2018.
- 8 Tesla Model S battery degradation data. 2017. Verkkoaineisto. <<https://steinbuch.wordpress.com/2015/01/24/tesla-model-s-battery-degradation-data/>> Päivitetty 23.8.2017 Luettu 20.1.2018.
- 9 Sähköä autoon ja sähköautosta verkkoon. 2017. Verkkoaineisto. Moottori.  
<<https://www.moottori.fi/liikenne/jutut/sahkoa-autoon-ja-sahkoautosta-verkkoon/>> 26.9.2017 Luettu 20.1.2018.
- 10 The Future of EV Charging with V2G Technology. Verkkoaineisto. Newmotion.  
< <https://newmotion.com/en/drive-electric/v2g-charging-next-generation-technology>> Luettu 21.1.2018
- 11 Sähköautotyypit. Verkkoaineisto. Plugit! <<https://plugit.fi/fi-fi/article/sahkoautot/sahkoautotyypit/172/>> Luettu 27.1.2018

- 12 Sähköautojen lataus. 2017. Verkkoaineisto. SESKO. < [http://www.tukes.fi/Tiedostot/pelastustoimen\\_laitteet/2017\\_Vesa\\_S%C3%A4hk%C3%B6autojen\\_lataus.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/pelastustoimen_laitteet/2017_Vesa_S%C3%A4hk%C3%B6autojen_lataus.pdf)> 4.10.2017 Luettu 28.1.2018.
- 13 SFS 6000-7-722. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. Standardi. Suomen standardoimisliitto.SFS. Luettu 28.1.2018.
- 14 SFS 6000-8-813. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-813: Täydentävät vaatimukset. Pistokytkimien valinta ja asentaminen. Standardi. Suomen standardoimisliitto.SFS. Luettu 28.1.2018.
- 15 Sähköautojen kotilataukseen lisää vauhtia. 2016. Virta. Verkkoaineisto. < <http://www.virta.global/news-fi/s%C3%A4hk%C3%B6autojen-kotilataukseen-lis%C3%A4%C3%A4-vauhtia>> 29.12.2016 Luettu 3.2.2018.
- 16 Sähköajoneuvojen lataaminen kiinteistöjen sähköverkoissa. 2015. Verkkoaineisto. SESKO. <[http://www.sesko.fi/files/431/Lataussuositus\\_2014\\_2015-07-13.pdf](http://www.sesko.fi/files/431/Lataussuositus_2014_2015-07-13.pdf)> Päivitetty 10.2.2015 Luettu 3.2.2018.
- 17 Hyundai Ioniq Electric EV:n lataaminen. Verkkoaineisto. Plugit! <<https://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/hyundai-ioniq-electric-evn-lataaminen/581/>> Luettu 3.2.2018.
- 18 Latauslaitteiston asentaminen kotiin. Verkkoaineisto. Tesla. <[https://www.tesla.com/fi\\_FI/support/home-charging-installation](https://www.tesla.com/fi_FI/support/home-charging-installation)> Luettu 3.2.2018.
- 19 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/94/EU, vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta 2014. 2014. Direktiivi. Euroopan unionin virallinen lehti. Luettu 4.2.2018.
- 20 EV Connectors & EV Charging Cables. Verkkoaineisto. EVSE. <<https://www.evse.com.au/ev-charging-cables-leads/>> Luettu 11.2.2018.
- 21 AC charging cables. Verkkoaineisto. Phoenix contact <[https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/pien/web/main/products/subcategory\\_pages/AC\\_charging\\_cables\\_P-29-03-02/e0a0cc39-78e9-458f-9271-1b7cfaf59108](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/pien/web/main/products/subcategory_pages/AC_charging_cables_P-29-03-02/e0a0cc39-78e9-458f-9271-1b7cfaf59108)> Luettu 11.2.2018.
- 22 Latauspistoketyypit. Verkkoaineisto. Plugit! <<https://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/latauspistoketyypit-sahkoautoille/135/>> Luettu 11.2.2018.
- 23 CHAdeMO. Verkkojulkaisu. Wikipedia. <<https://en.wikipedia.org/wiki/CHAdeMO>> Päivitetty 30.1.2018. Luettu 11.2.2018.

- 24 Technology overview. Verkkoaineisto. Chademo  
<<https://www.chademo.com/technology/technology-overview/>> Luettu 11.2.2018.
- 25 Miksi sähköauton lataus tarvitsee älyä? Verkkoaineisto. Virta <<http://www.virta.global/news-fi/miksi-s%C3%A4hk%C3%B6auton-lataus-tarvitsee-%C3%A4ly%C3%A4>> 18.1.2017 Luettu 12.2.2018.
- 26 Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta 847/2017. Verkkoaineisto. Finlex <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170478>> 28.6.2017 Luettu 17.2.2018.
- 27 EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistaminen sinettiä vaille valmis – sähköautojen latausmahdollisuuksia vauhditetaan. 2018. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <[http://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/eu-n-rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistaminen-sinettia-vaille-valmis-sahko-autojen-latausmahdollisuuksia-vauhditetaan](http://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/eu-n-rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistaminen-sinettia-vaille-valmis-sahko-autojen-latausmahdollisuuksia-vauhditetaan)> 1.2.2018 Luettu 17.2.2018.
- 28 ST-kortti 51.90. 2018. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Sähköinfo. Päivitetty 9.2.2018 Luettu 9.2.2018.
- 29 Maunu Suttinen. Schneider Electric. Tuote-esittely. 19.2.2018.
- 30 EVlink suunnittelumateriaali. Schneider Electric. Luettu 21.2.2018.
- 31 Canalis tyypit, mallit ja ominaisuudet. Powerpoint-esitys, Maunu Suttinen. Schneider Electric. Luettu 22.2.2018.
- 32 Ensto PRO (EVF) and Wallbox (EVB) case and installation examples. Ilkka Koisti. Ensto. Sähköposti. Vastaanotettu 27.2.2018.
- 33 Chago Wallbox asennusohje. Verkkoaineisto. Ensto  
<[https://wiki.chago.com/display/public/CHWI/Installation+Instructions?preview=/2720481/2721872/EVB\\_Chago\\_Wallbox\\_RAK111\\_FI.pdf](https://wiki.chago.com/display/public/CHWI/Installation+Instructions?preview=/2720481/2721872/EVB_Chago_Wallbox_RAK111_FI.pdf)> Luettu 2.3.2018.
- 34 Chago Pro ja Chago Premium asennusohje. Verkkoaineisto. Ensto.  
<[https://wiki.chago.com/display/public/CHWI/Installation+Instructions?preview=/2720481/2721873/EVF\\_EVC\\_200\\_FI.pdf](https://wiki.chago.com/display/public/CHWI/Installation+Instructions?preview=/2720481/2721873/EVF_EVC_200_FI.pdf)> Luettu 2.3.2018.
- 35 Mikko Jäväjä. Ensto. Sähköposti. Vastaanotettu 23.2.2018.
- 36 DLM Dynamic Load Management with Master and Slave IEC15118. Ilkka Koisti. Ensto. Sähköposti. Vastaanotettu 18.2.2018.

- 37 Kiinteistöjen latauspaikat -esiselvitys. 2015. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/files/10869/Kiinteistojen\\_latauspaikat\\_esiselvitys.pdf](https://www.motiva.fi/files/10869/Kiinteistojen_latauspaikat_esiselvitys.pdf)> Joulukuu 2015 Luettu 5.3.2018.
- 38 Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon. 2017. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/files/12544/Kiinteistojen\\_latauspisteet\\_kuntoon\\_Paivitetty\\_14.03.2017.pdf](https://www.motiva.fi/files/12544/Kiinteistojen_latauspisteet_kuntoon_Paivitetty_14.03.2017.pdf)> Päivitetty 14.3.2017. Luettu 5.3.2018.
- 39 Ladattavat autot kiinteistöjen sisäisissä sähköverkoissa. Verkkoaineisto. Fortum <<http://verkkojulkaisu.viivamedia.fi/data/fortumesfi/1786/1786-lowres.pdf>> Luettu 5.3.2018.
- 40 Sähköautojen julkinen ja yksityinen latauspistetarve. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto. <[https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los\\_2016-6.pdf](https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2016-6.pdf)> 6/2016. Luettu 5.3.2018.
- 41 Sähköliittymien hinnasto. 2018. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen-sahkoverkko.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/hsv/sahkoliittymat.pdf>> 1.12018 Luettu 17.3.2018.
- 42 ST-kortti 13.31. 2015. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Sähköinfo. Päivitetty 15.11.2015. Luettu 24.3.2018.